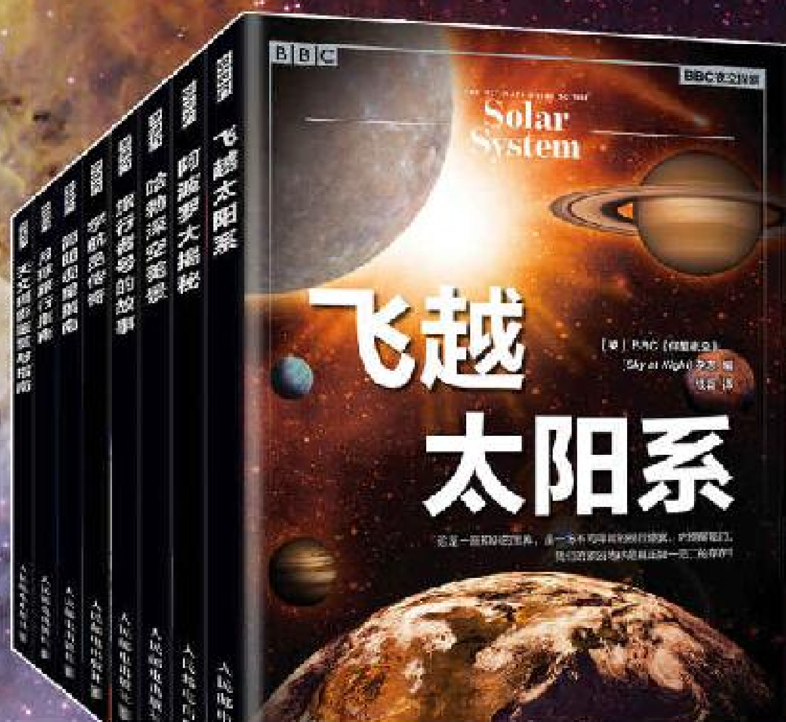
BBC

BBC夜空探索

套装全8册

BBC夜空探索系列

[英] BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志 编



宇宙图景全新展示！带你全方位走进太空世界！

联合中国国家天文台，多位科普名家联袂翻译打造！

从宇航登月到日食观测，从最新天象到人物访谈，内容包罗万象！



人民邮电出版社有限公司

POSTS & TELECOM PRESS Co.,LTD.

VISIT...

LANZAROTE Caliente.COM

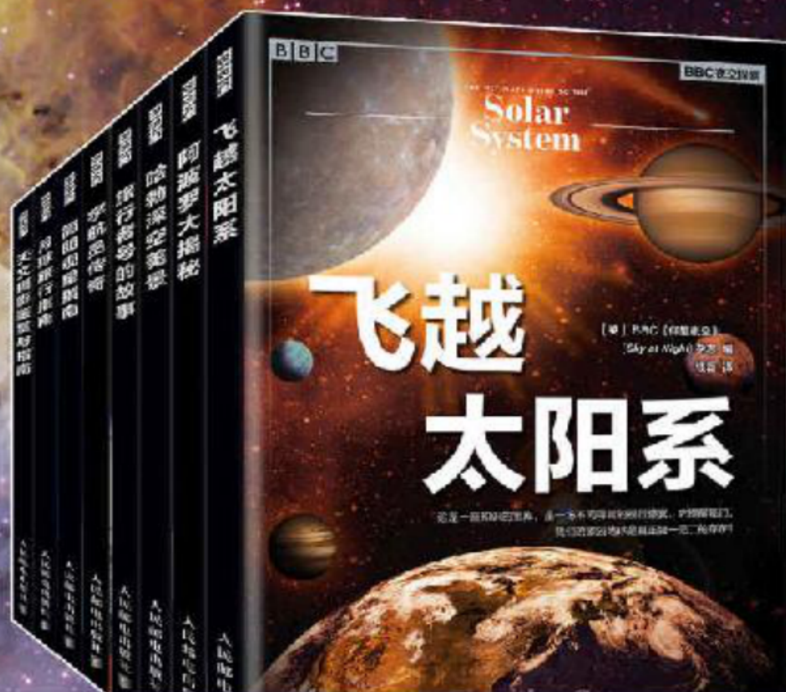
BBC

BBC夜空探索

套装全8册

BBC夜空探索系列

[英] BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志 编



宇宙图景全新展示！带你全方位走进太空世界！

联合中国国家天文台，多位科普名家联袂翻译打造！

从宇航登月到日食观测，从最新天象到人物访谈，内容包罗万象！



人民邮电出版社有限公司
POSTS & TELECOM PRESS Co.,LTD

总目录

飞越太阳系
天文摄影鉴赏与指南
阿波罗大揭秘
哈勃深空美景
宇航员传奇
旅行者号的故事
简明观星指南
月球旅行指南

BBC

BBC夜空探索

THE ULTIMATE GUIDE TO THE

Solar System

飞越太阳系

[英] BBC《仰望夜空》

(*Sky at Night*)杂志 编

钱磊 译

这是一座知识的宝库，是一场不同寻常的视觉盛宴，它提醒我们，我们的家园地球是真正独一无二的存在！



中国工信出版集团



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

BBC BBC夜空探索

THE ULTIMATE GUIDE TO THE

Solar System

飞越太阳系

[英]BBC《仰望夜空》(Sky at Night)杂志　编
钱磊　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据
飞越太阳系/英国BBC《仰望夜空》杂志编；钱磊译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50132-5
I.①飞… II.①英…②钱… III.①太阳系—普及读物 IV.①P18-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第260936号
版权声明
Sky at Night: The ultimate guide to the solar system
Originally published in the English language by Immediate Media Co. Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co. Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © POSTS & TELECOM PRESS Co., LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence. BBC logo©BBC 1996.
◆编 [英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 钱磊
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：7.25 2019年8月第1版
字数：215千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3883号
定价：49.00元
读者服务热线：**(010)81055410** 印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**
广告经营许可证：京东工商广登字**20170147**号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
太阳系结构
太阳系历史
地球和月球
太阳
水星
金星
火星
小行星带
木星
土星
天王星和海王星
柯伊伯带及其以外
外面是什么
译者后记：仰望星空，脚踏实地

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在 BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了太阳系，其内容包括太阳系的结构、演化历史、组成以及太阳系的几大行星，同时还讲解了柯伊伯带及其以外区域的相关信息和知识。全书包括近百张绚丽迷人的彩色图片，全面展示了太阳系的壮美。

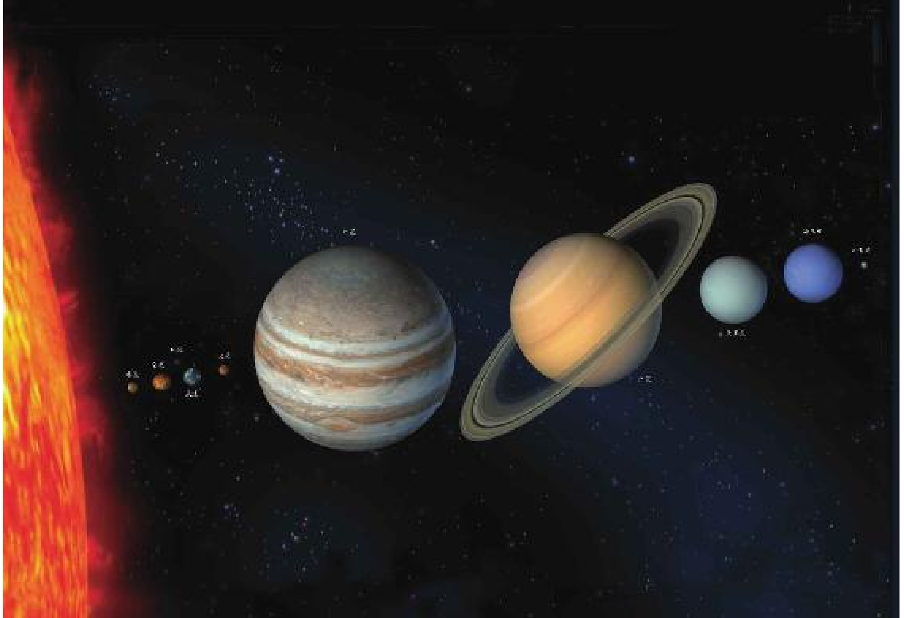
本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



Chung

太阳系结构



行星、月球、小行星及围绕太阳的其他天体的队列，包括从小不点到直径14万千米的气体巨行星木星，空间跨度超过180亿千米。

供图：Thinkstock

太阳系历史

“一些行星被抛入深空，大约40亿年前，在一个现在被称为晚期重轰击的时期，余下的残骸撞击了行星。”



地球和月球

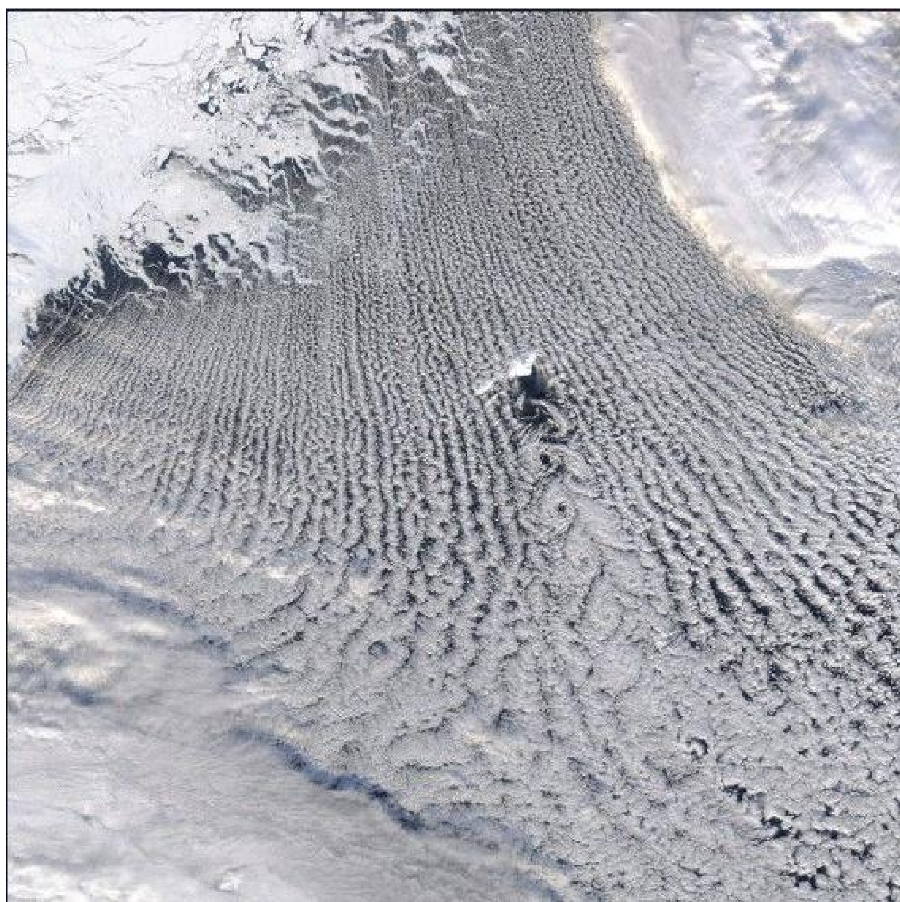


像蓝色大理石一样的地球

2012年1月4日

芬兰国家极地轨道合作伙伴卫星在绕地球第4周时，卫星上的可见光/红外成像辐射计拍摄的一系列照片被投影到一个球面上，拼接在一起得到了这幅图片。这是美国国家航空航天局（NASA）制作的一些完整盘面图像中的一幅，被称为蓝色大理石地球拼接图，是一幅具有迷人细节和美感的图片。

供图：NASA



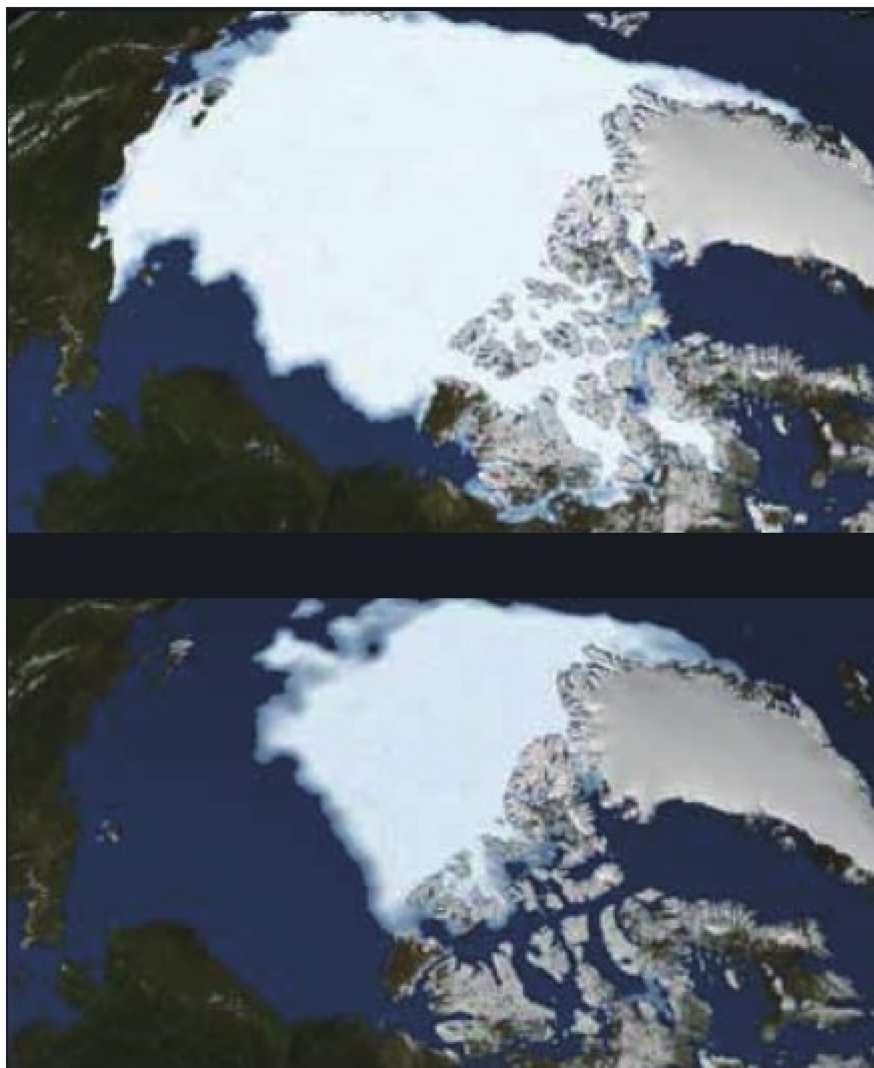
北极上空的云街和卡门涡

2009年2月24日

寒冷的北风遇到格陵兰上空潮湿的空气，产生了一排排平行的云街。风在扬马延岛周围散开形成的旋涡被称为冯·卡门涡。这幅图像是由NASA的水瓶座卫星上的中分辨率成像光谱辐射计拍摄

的。

供图：NASA/杰夫·施马茨/中分辨率成像光谱辐射计快速响应团队



消退的海冰

1979年9月21日（上图）

2012年9月16日（下图）

北极冰盖冬季扩张夏季消退—但消退程度在过去几十年变得极端了很多。来自NASA戈达德空间飞行中心制作的系列图像中的这两幅展示了自1979年以来海冰的最小范围是如何收缩的。

供图：NASA/戈达德空间飞行中心科学可视化工作室



卡特里娜飓风袭击墨西哥湾海岸

2005年8月28日

卡特里娜飓风是有史以来袭击美国的最强风暴之一，风速达到257千米/小时。这幅图像是NASA的特拉卫星上的中分辨率成像光谱辐射计在风暴接近墨西哥湾海岸时拍摄的。风暴毁灭了密西西比州的一部分和路易斯安那州的一部分，特别是新奥尔良。

供图：NASA/杰夫·施马茨/中分辨率成像光谱辐射计快速响应团队



埃特纳火山喷发

2001年7月22日

在埃特纳火山顶的火山口6年的密集活动后，2001年7月这座火山发生了一次大规模的山侧喷发。火山灰从一个火山口及其南坡的一个裂缝涌出，上升超过5千米并进入大气层，在西西里岛小镇卡塔尼亚投下一道暗影。在这张照片中，南边朝上，由国际空间站上的第2远征队成员拍摄。

供图：ISS002-E-8683 空间站阿尔法模块/地球科学和图像分析实验室/约翰逊空间中心

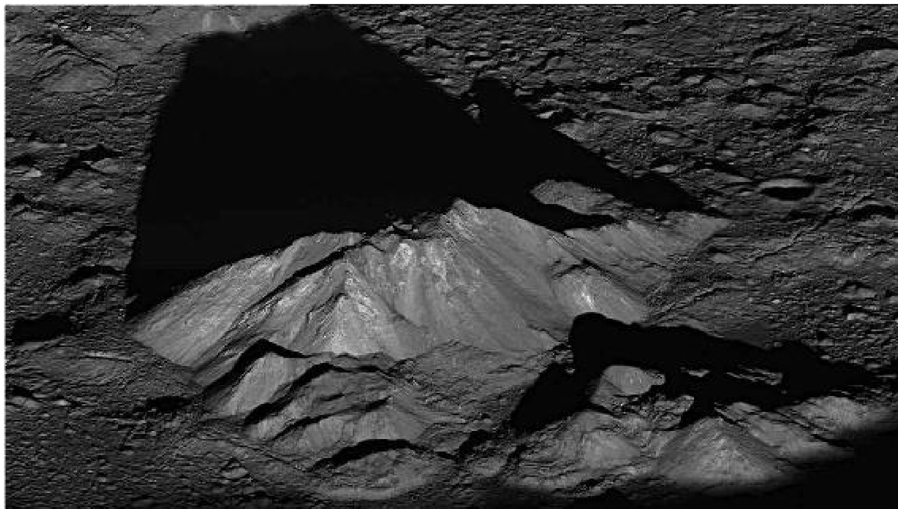


静海

1972年12月

所谓静海，是一个“月球的阴暗部位”—不是水体，而是黑色的玄武岩平原，由古代火山活动造就的几个玄武岩平原之一，覆盖了大约16%的月面。这3幅图像是由阿波罗17号（最后一次在月球着陆的阿波罗航天器）的指令舱美洲上的成图相机拍摄的。

供图：NASA/詹姆斯·斯达比



第谷环形山的峰

2011年6月10日

第谷环形山不是月球最宽的环形山 —尽管它的直径有82千米，但它是最引人注目的环形山之一，包含这一15千米长、高度达2千米的山丘。NASA的月球勘察轨道探测器相机捕捉到了这幅激动人心的日出图景。

供图：NASA 戈达德空间飞行中心/亚利桑那州立大学



克拉维斯环形山

克拉维斯环形山直径大约为225千米，是月球可见面最大的环形山之一——大到可以清楚地用肉眼看到。它也是最古老的环形山之一，形成于大约40亿年前。这张照片是由自动航天器上搭载的NASA月球勘察轨道探测器相机拍摄的。自2009年以来这个探测器一直在围绕月球转动。

供图：NASA/戈达德空间飞行中心/亚利桑那州立大学

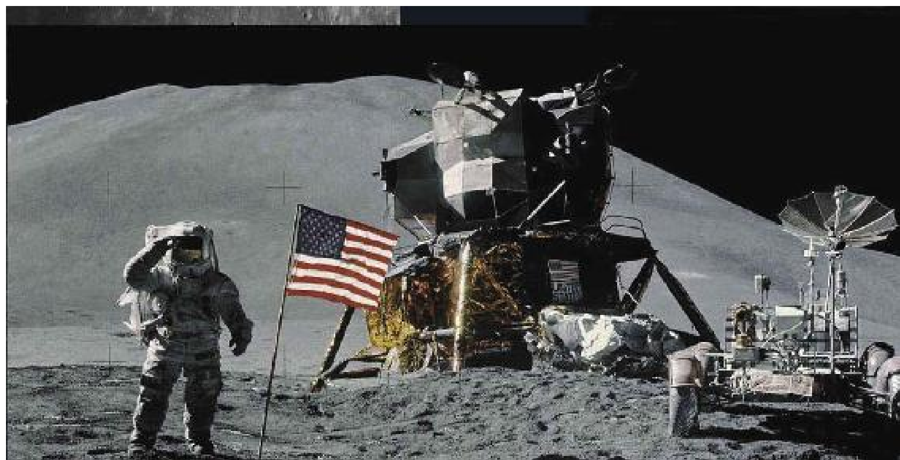


从国际空间站看到的北极光

2011年9月29日

这张由国际空间站第29远征队成员拍摄的照片捕捉到了北极光空灵的绿色辉光，它照亮了加拿大的夜空。

供图：NASA

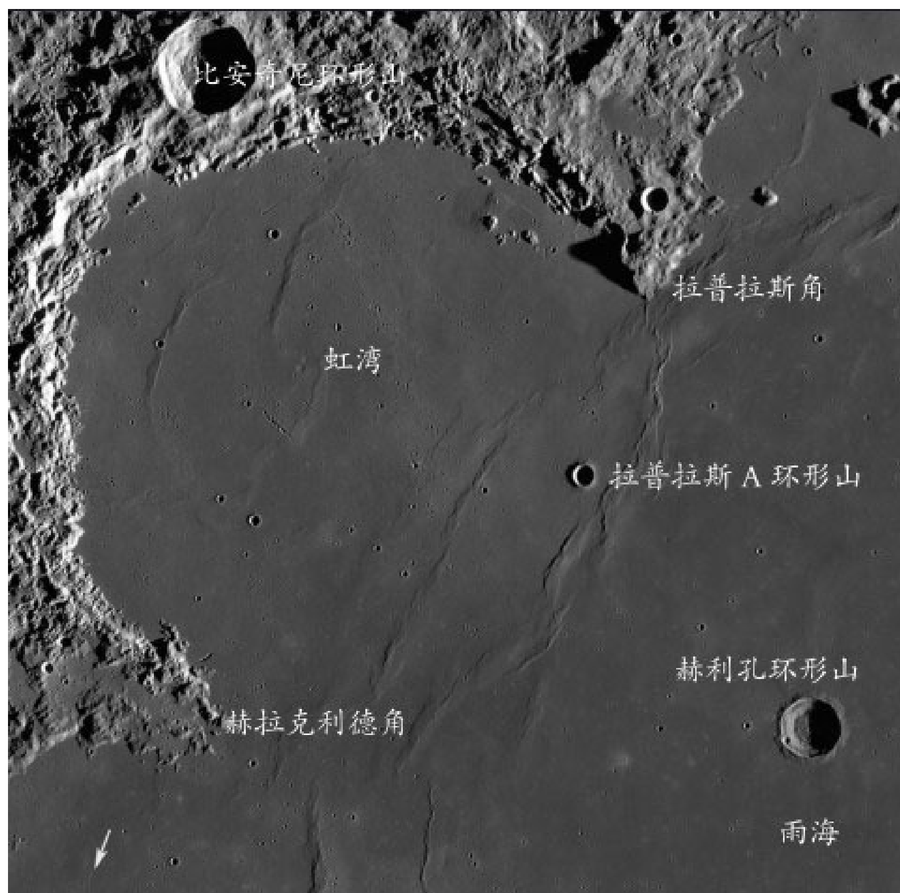


阿波罗15号在月球上

1971年8月1日

在阿波罗15号执行任务期间，猎鹰登月舱飞行员詹姆斯·B．埃尔文向美国国旗致敬。第4次载人着陆在雨海东边缘的哈德利-亚平宁地区完成。

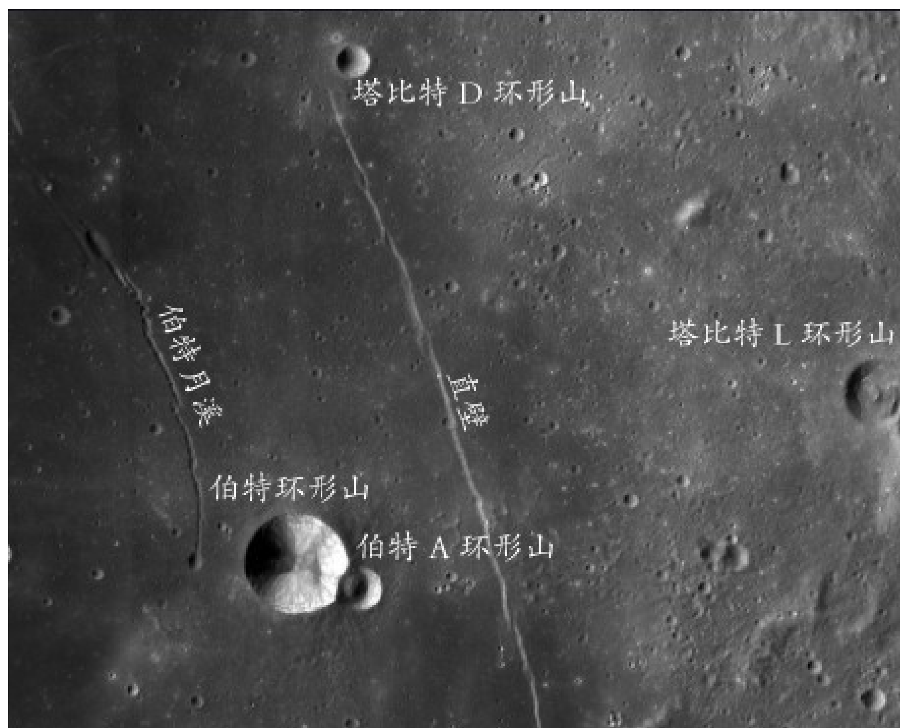
供图：NASA/大卫·R．斯科特



虹湾

虹湾是一个直径236千米的月海（玄武岩平原），是一个巨大环形山的遗迹，它还包含了其他环形山，1976年虹湾第一次作为月球着陆点。这幅月球勘察轨道探测器拍摄的图像突出了虹湾主要的地形特点。

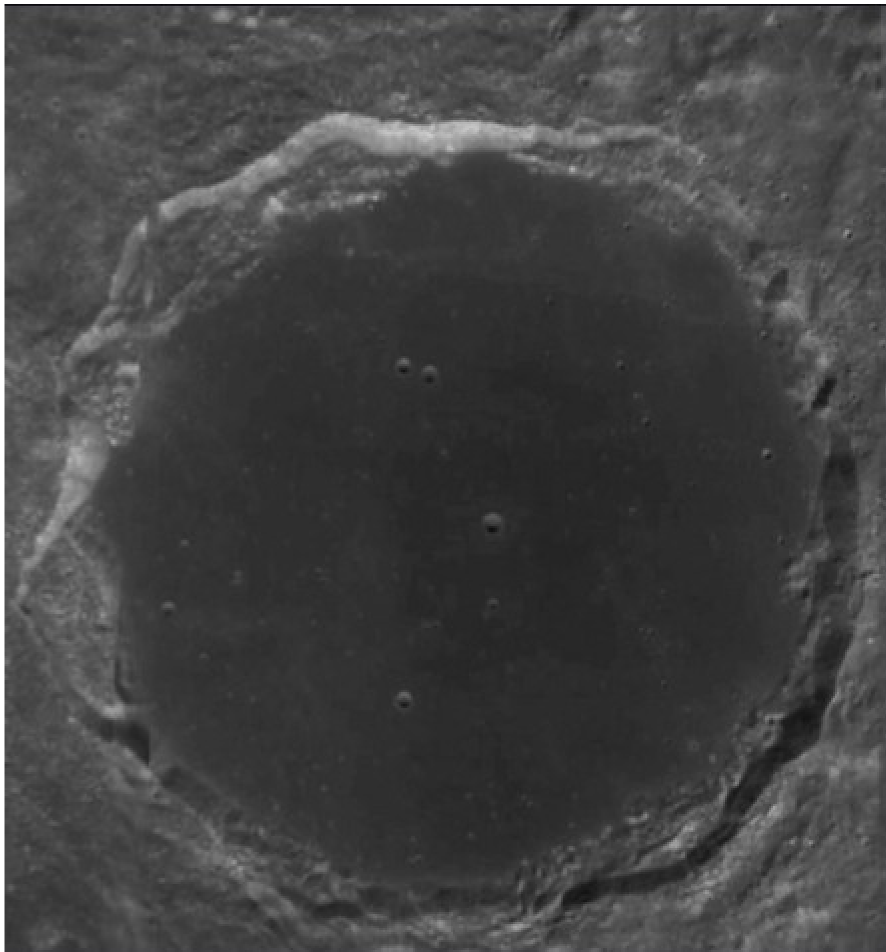
供图：NASA/GSFC/亚利桑那州立大学



直墙

直壁通常称为直墙，是一条线状的断层或沟纹。直墙形成了一条300米高、绵延110千米的悬崖。这幅图像是由月球勘察轨道探测器相机拍摄的。

供图：NASA/GSFC/亚利桑那州立大学

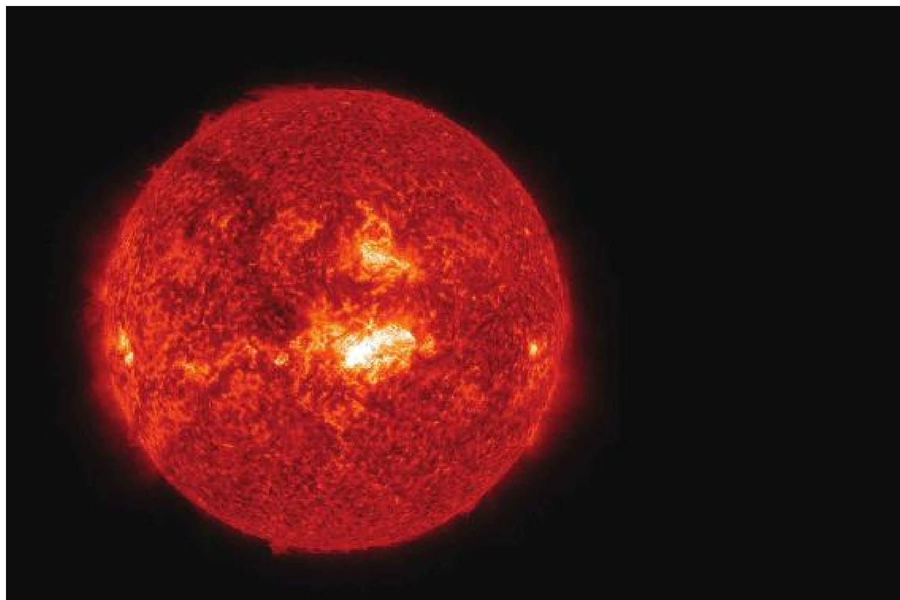


柏拉图环形山

另一座大环形山柏拉图环形山直径为109千米，被一个黑色玄武岩海填满，周围是明亮的不规则边缘。它在月球表面清晰可见，长期以来天文学家都对其很感兴趣。这张照片是由月球勘察轨道探测器相机拍摄的。

供图：NASA/GSFC/亚利桑那州立大学

太阳



中级太阳耀斑

2014年2月3日

这个太阳耀斑—这幅图片中心附近最亮的部分，在2月初从太阳表面爆发。这幅图片是NASA的太阳动力学天文台拍摄的。太阳动力与天文台是一颗在2010年发射的卫星，目标是在5年时间里观测太阳活动。

供图：NASA/太阳动力学天文台

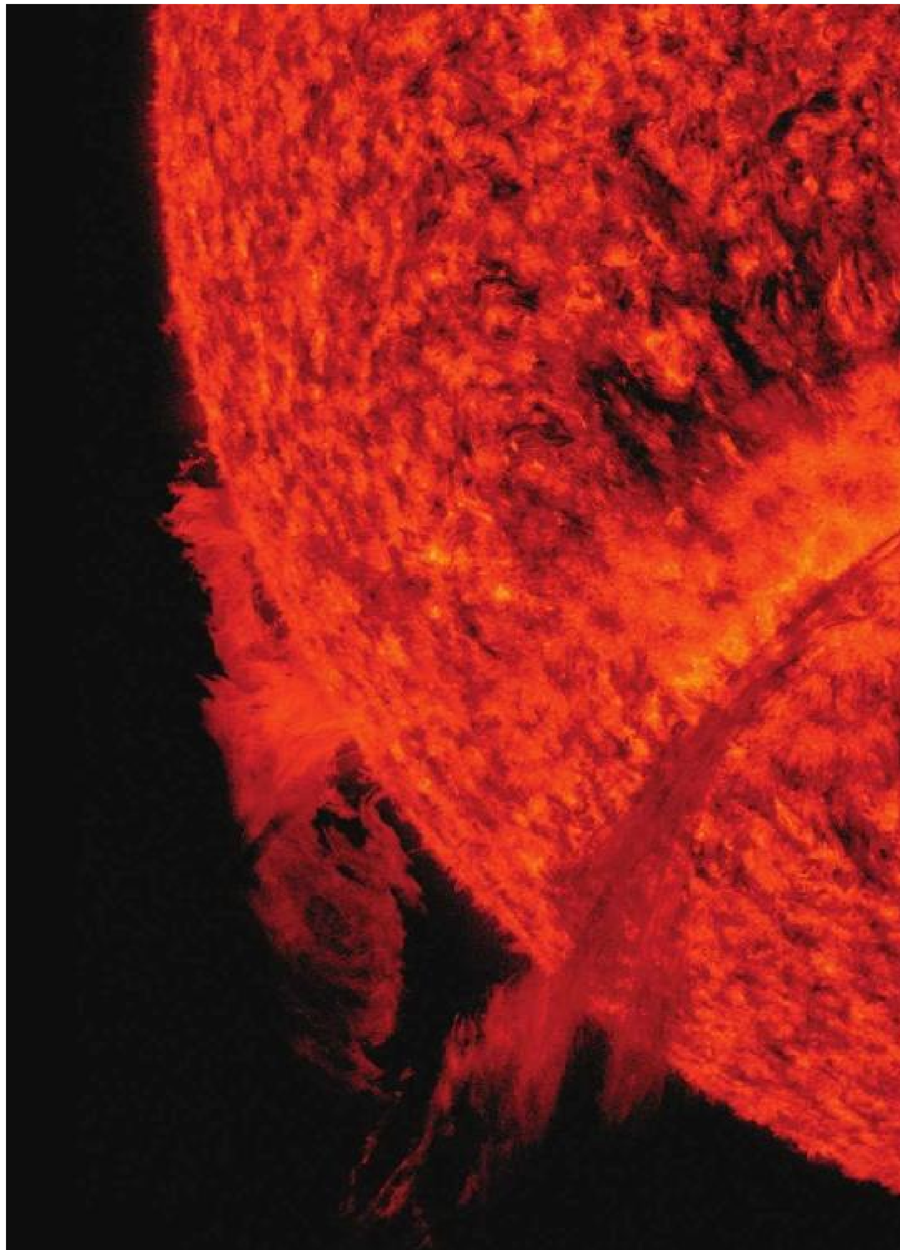


日珥

2011年2月24日

这个大耀斑喷出翻腾的等离子体，在日冕（太阳最外层大气）中翻腾了大约90分钟。大而稳定的日珥可以在日冕中停留几个月，延伸数十万千米，有时会把等离子体推到太阳表面。NASA的太阳动力学天文台在极紫外波段拍摄了这张高清图片。

供图：NASA/SDO

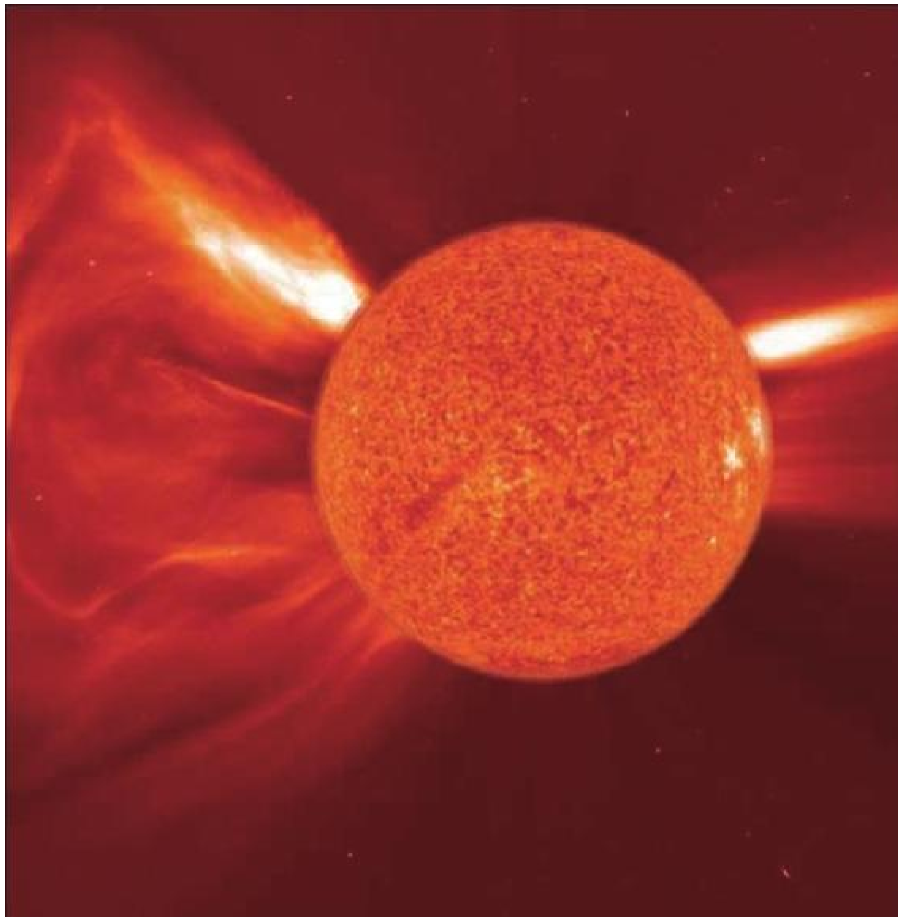


一个太阳暗条断裂

2010年12月6日

NASA的太阳动力学天文台拍摄到了一个巨大的太阳暗条（差不多有100万千米长）爆发时刻引人注目的细节。暗条是因为磁力作用，悬浮在表面上方的气体云而形成的不稳定，它们经常从太阳上离开。

供图：NASA/SDO

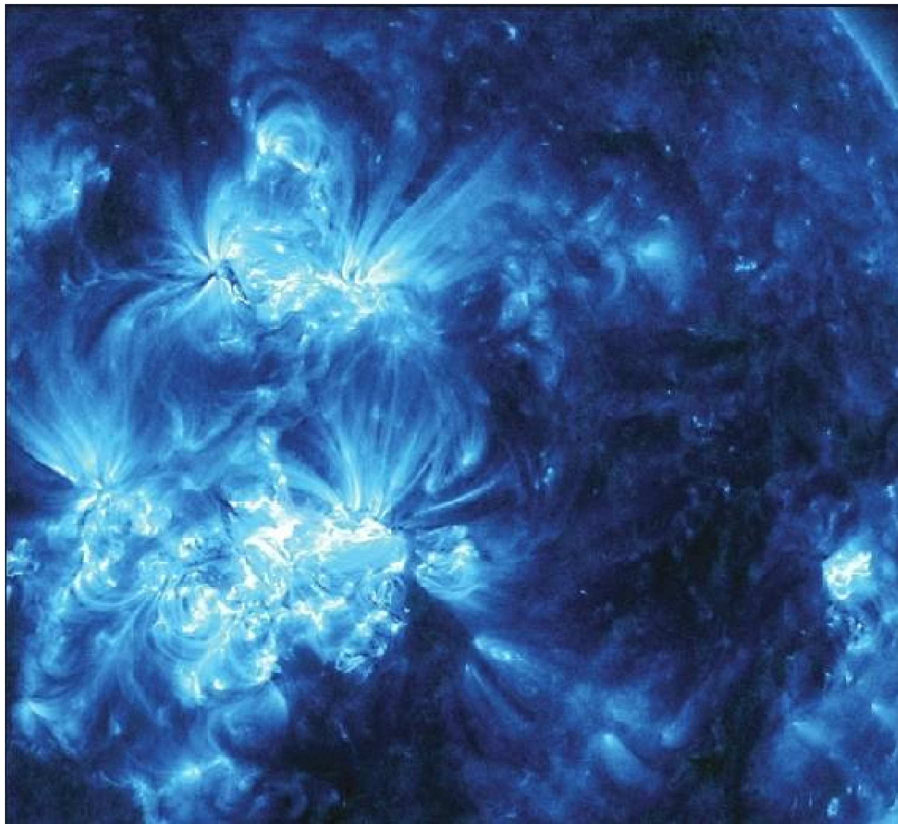


日冕物质抛射

2007年1月24日

一次强大的太阳风爆发及相伴的磁辐射（日冕物质抛射）从太阳展开，产生了一个丝状物组成的球形结构。在强太阳活动期，日冕物质抛射一天可能出现多次，当指向地球时，它可以破坏卫星，使无线电通信中断。这幅图片是太阳与日球天文台（SOHO）拍摄的，这颗卫星于1995年发射，用于研究太阳。这个项目是NASA和欧洲空间局（ESA）合作实施的。

供图： SOHO/（ESA和NASA）

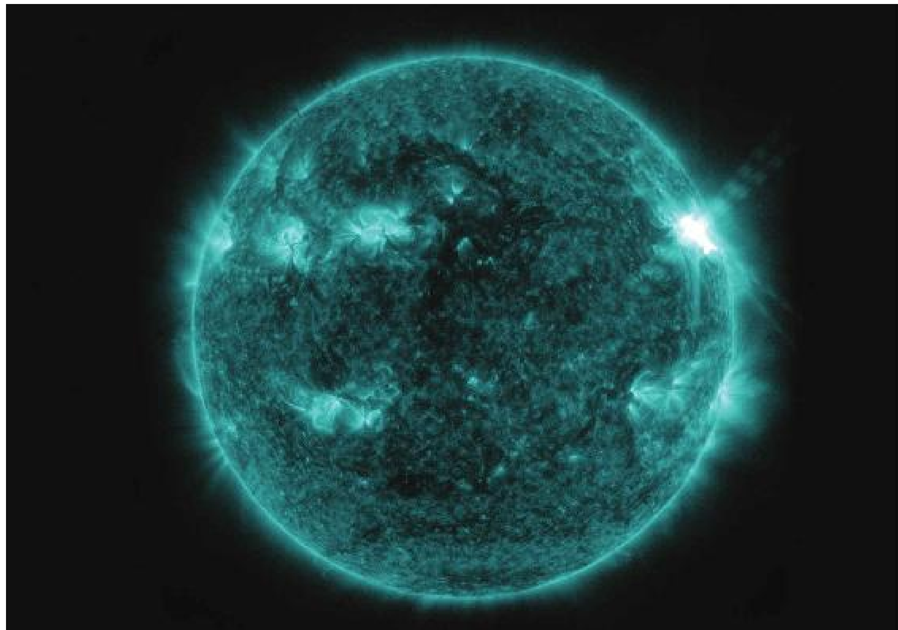


活动区

2014年2月3日

两个大活动区的交界区域（在通常光学图像上表现为黑子的强磁场区域）由NASA的太阳动力学天文台上的大气成像组件拍摄。图片用两个波长的紫外光记录，增强的颜色揭示了高能粒子沿着拱立于活动区之间磁力线旋转的情形。

供图：NASA/SDO

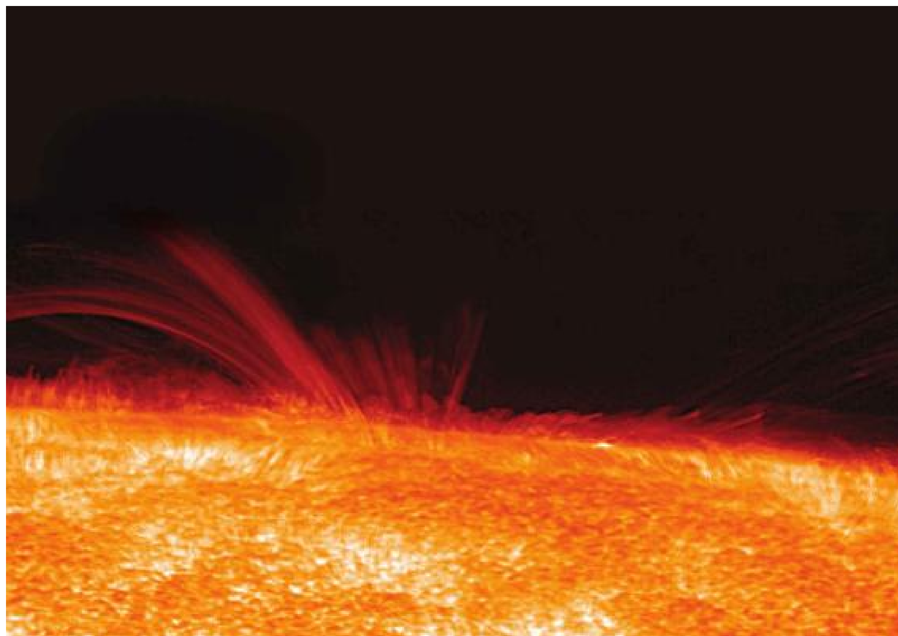


太阳耀斑

2012年3月13日

这幅图最右边的耀斑是磁能释放产生的太阳辐射剧烈爆发，其被归为中级（M级），其中X级是能量最高的，C级是能量最低的。这幅图片是由NASA的太阳动力学天文台拍摄的，使用131埃波长的紫外光来突出太阳活动。

供图：NASA/SDO

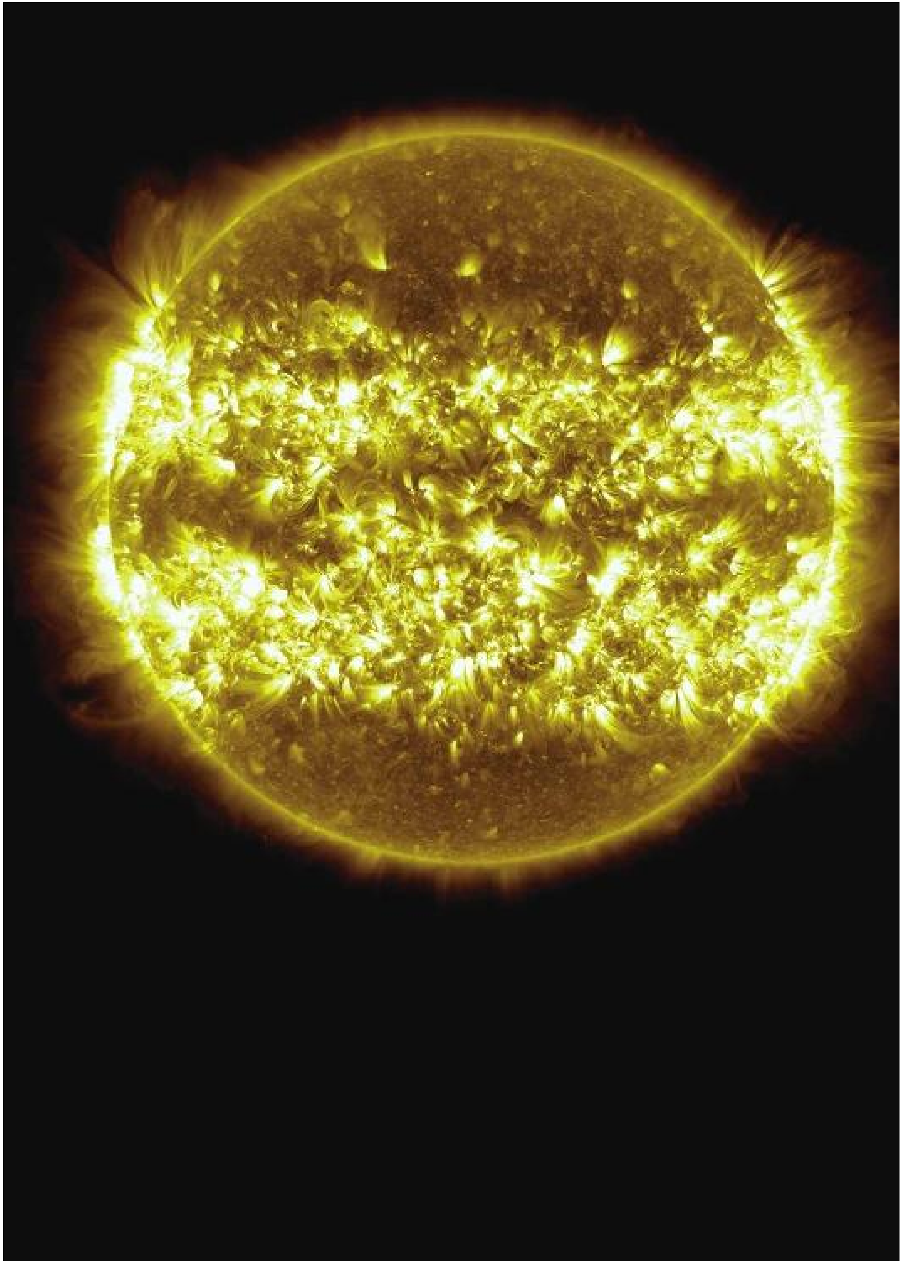


太阳米粒组织

2006年11月11日

太阳光球层（外壳层）具有粒状外观。每个米粒组织是一个对流元，等离子体流从中间升起在边缘落下。给大家一个尺度的概念，每个米粒组织可以有1000千米或者更大。这张照片由日出卫星的太阳光学望远镜拍摄，它揭示了热电离气体如何与那些从米粒组织延伸到色球层的太阳磁场相互作用。

供图：日出卫星/NASA

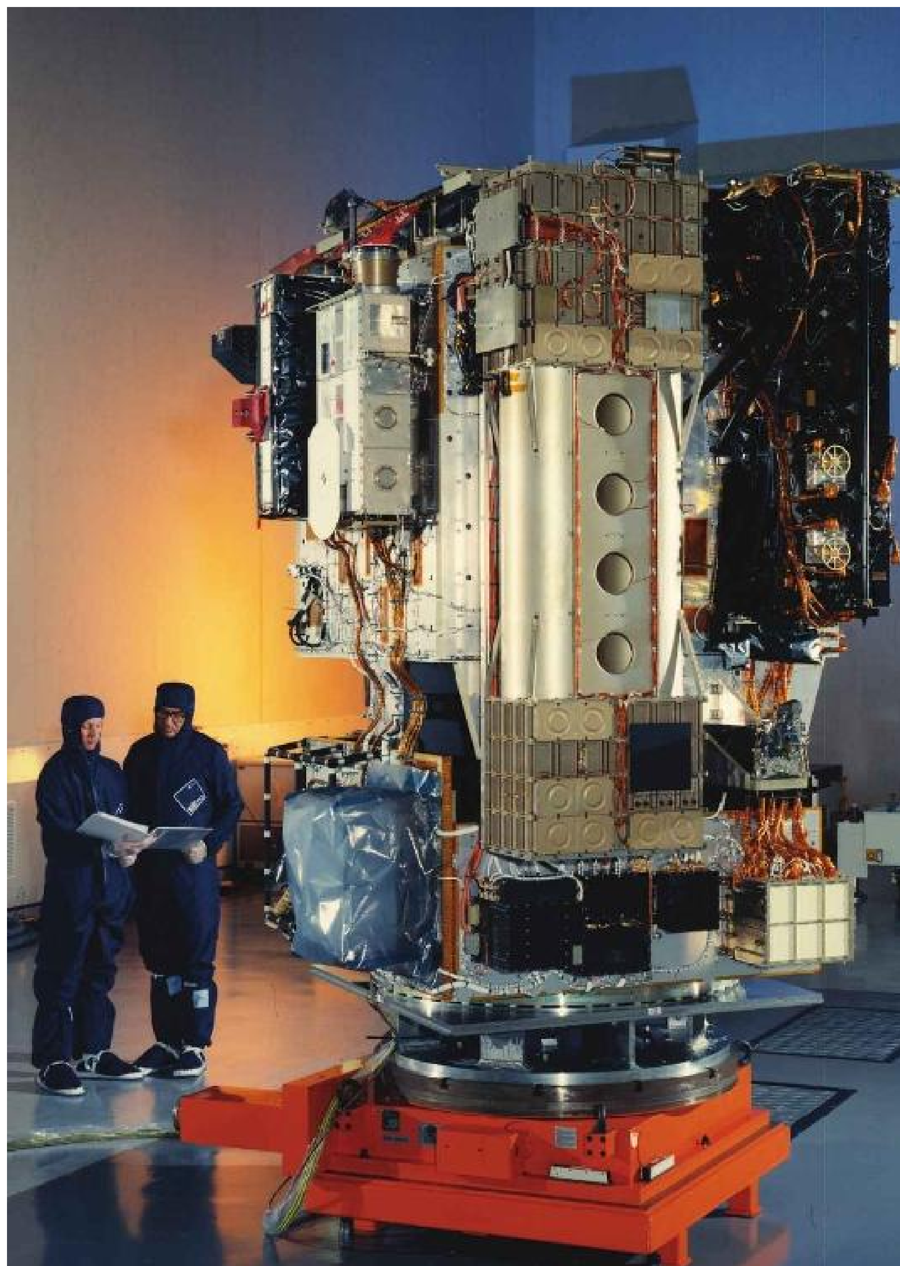


一年的太阳活动

2012年4月16日—2013年4月15日

这幅合成图像是由一年期间拍摄的波长171埃（极紫外）的25幅图像制作的，展示了太阳活动区以及太阳的转动。NASA太阳动力学天文台的大气成像组件在10个不同波长每12秒一张拍摄了这些太阳的图像。

供图：NASA戈达德空间飞行中心/SDO/S． 维辛格

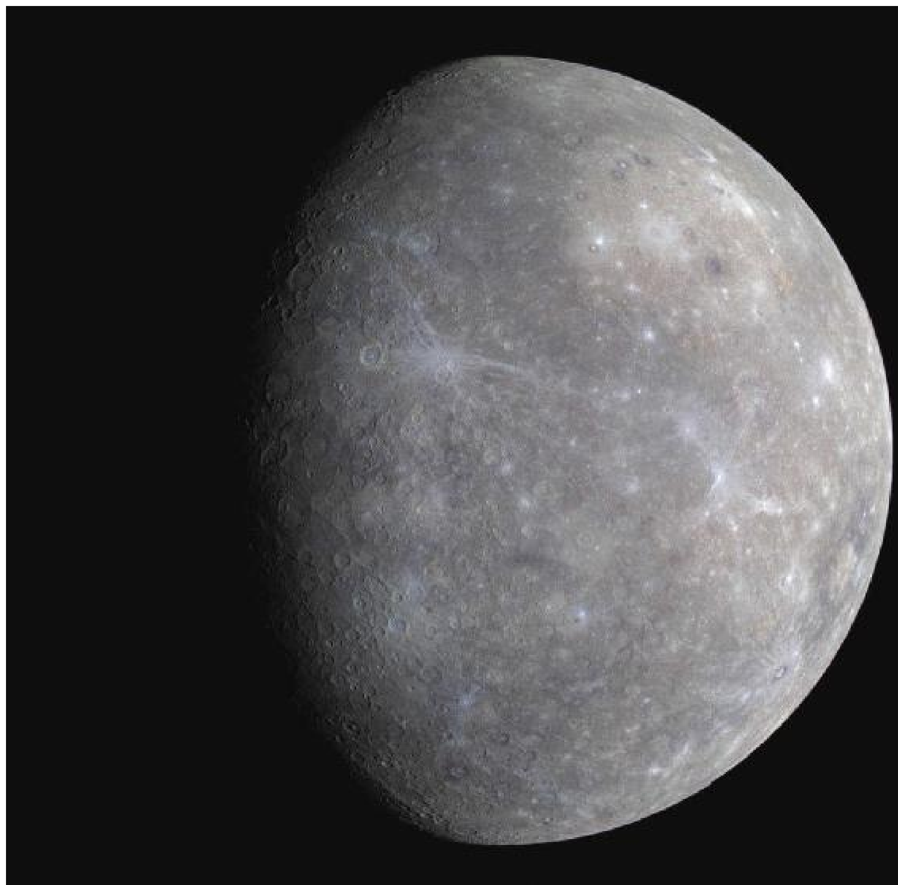


SOHO

SOHO 是 ESA 和NASA合作的产物，是一个沿着从深部核心到靠外的日冕和太阳风对太阳进行研究的项目。这张照片展示了这个空间探测器在马特拉·马可尼空间集团厂房里制造期间的样子。SOHO是在1995年12月2日发射的。

供图：SOHO/（ESA和NASA）

水星

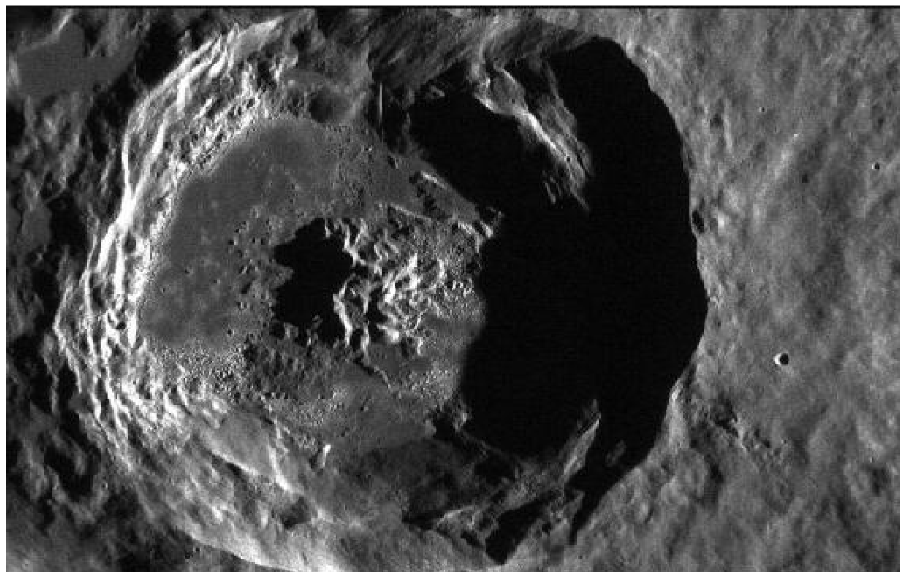


坑坑洼洼的行星

2008年1月14日

仅凭肉眼观看，水星的岩石质表面看起来是相当均匀的灰色。但这幅由NASA信使号空间探测器上的广角相机拍摄的图像综合了不同波长滤光片拍摄的图像，突出了亮度、对比度和色调的细微变化以及表面上的很多环形山。那些明亮的小块区域是来自流星碰撞的破碎岩石。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所

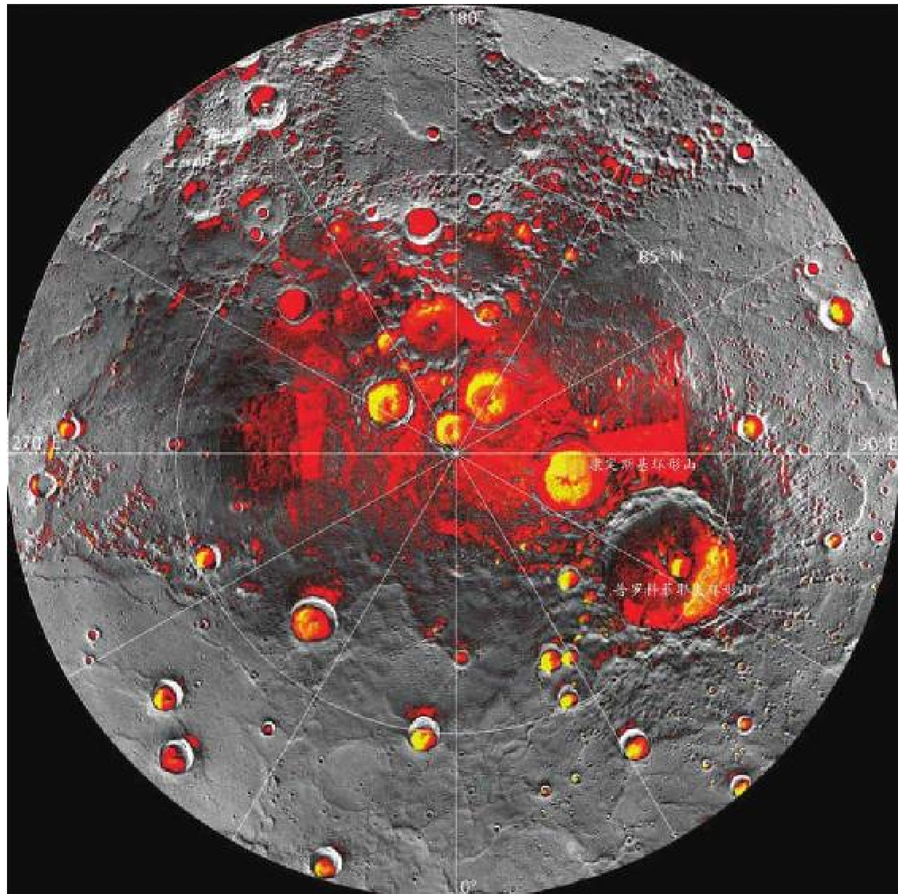


卡洛里斯盆地中的环形山

2011年10月28日

这个被细微侵蚀的（到目前还未命名的）环形山位于卡洛里斯盆地（卡洛里斯盆地本身是一座超过1500千米宽的撞击环形山）中，看起来是从图中右上黑色的区域到图的左边。这幅图也是NASA的信使号拍摄的。

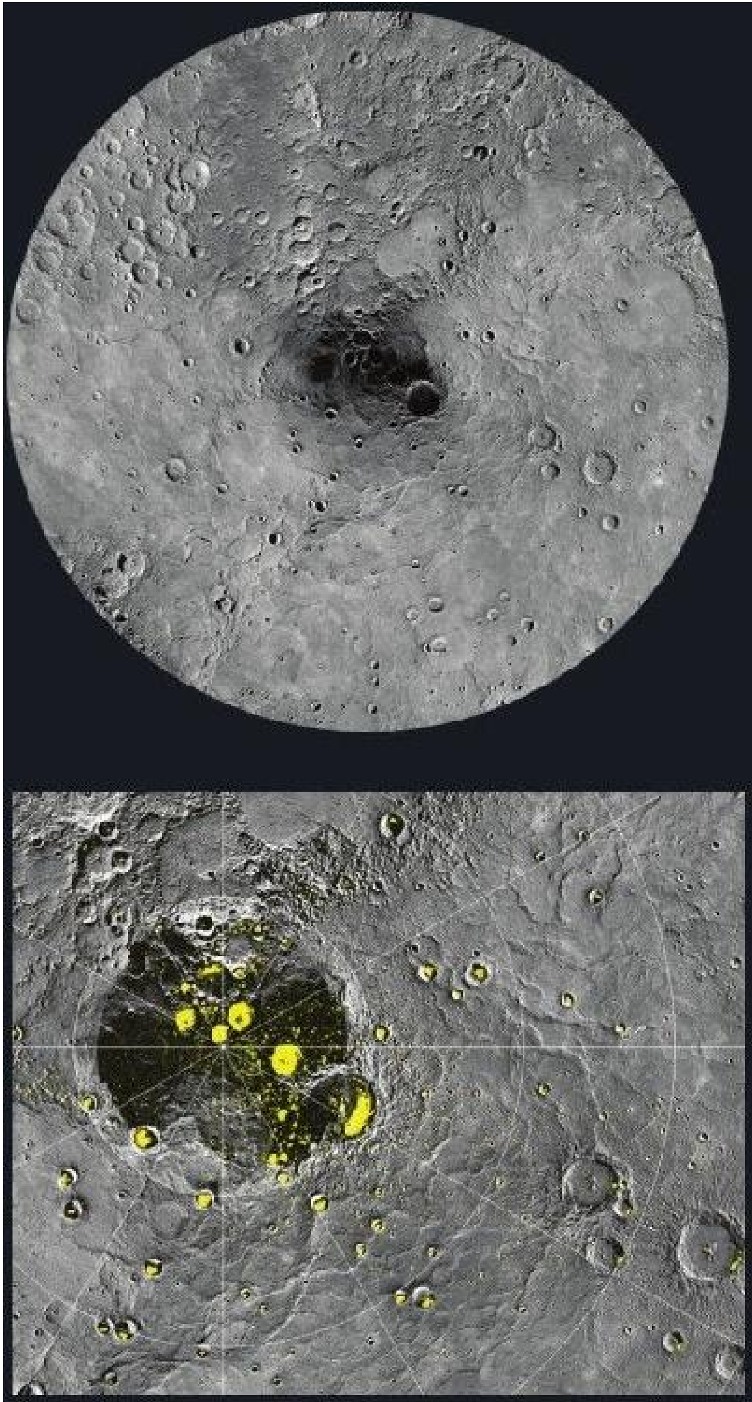
供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



极区的黑暗

和地球北极不同，水星北极处于永久的阴影中，异常寒冷。这幅图像中的红色区域描绘了从未被信使号拍摄到处于阳光下的区域；黄色区域—图像右下看得更清楚，显示了被认为是在黑暗中冻结的水冰的沉积物，这些水冰已经被地基雷达确认。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所/美国国家天文学和电离层中心阿雷西博天文台

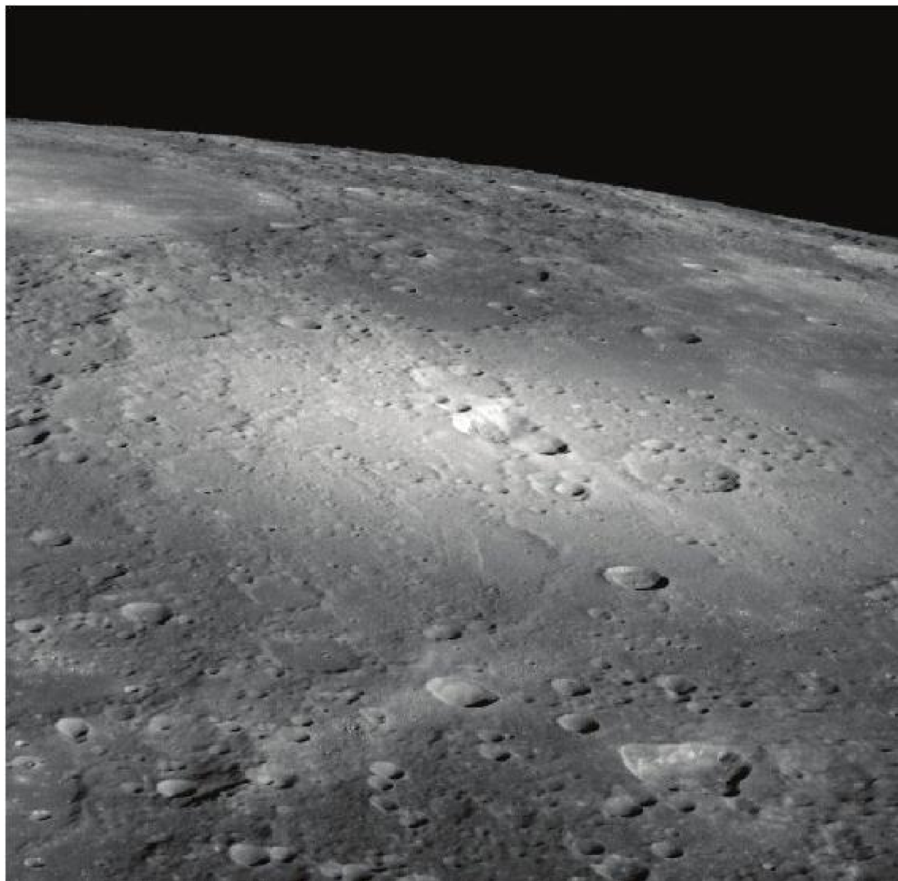


拼接图片

2013年4月8日

这幅北极区域的图像是用信使号的水星双重成像系统在超过两年的运行期间拍摄的数千张照片制作而成的。

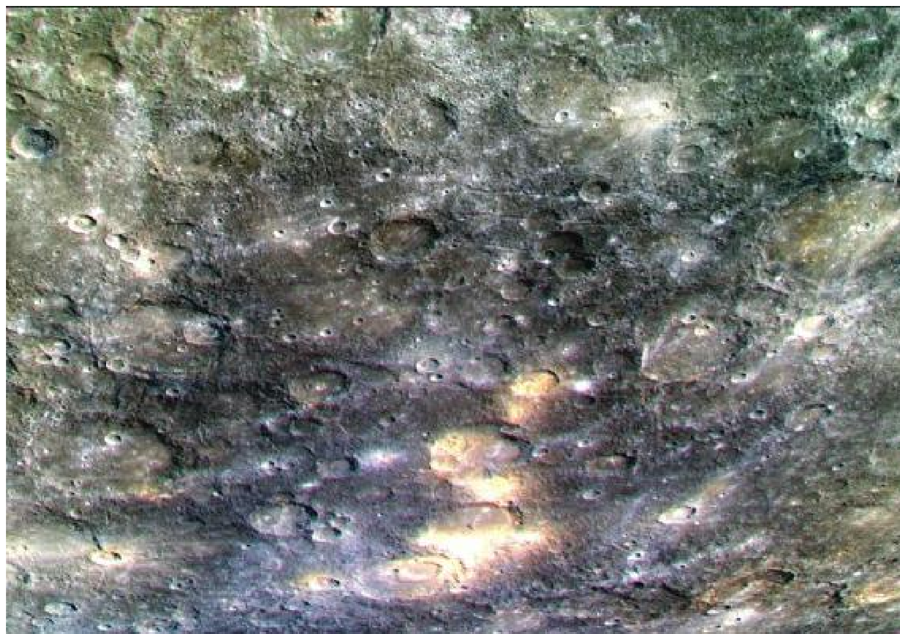
供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



火山口

2013年8月23日

并非所有水星表面的地貌特征都是流星撞击产生的。信使号的广角相机拍摄的这幅美丽图像显示了一个明亮区域，这被认为是围绕火山口的火山碎屑物质，可能是数十亿年前产生的。右下方不规则形状的结构是一个更古老的火山口。供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所

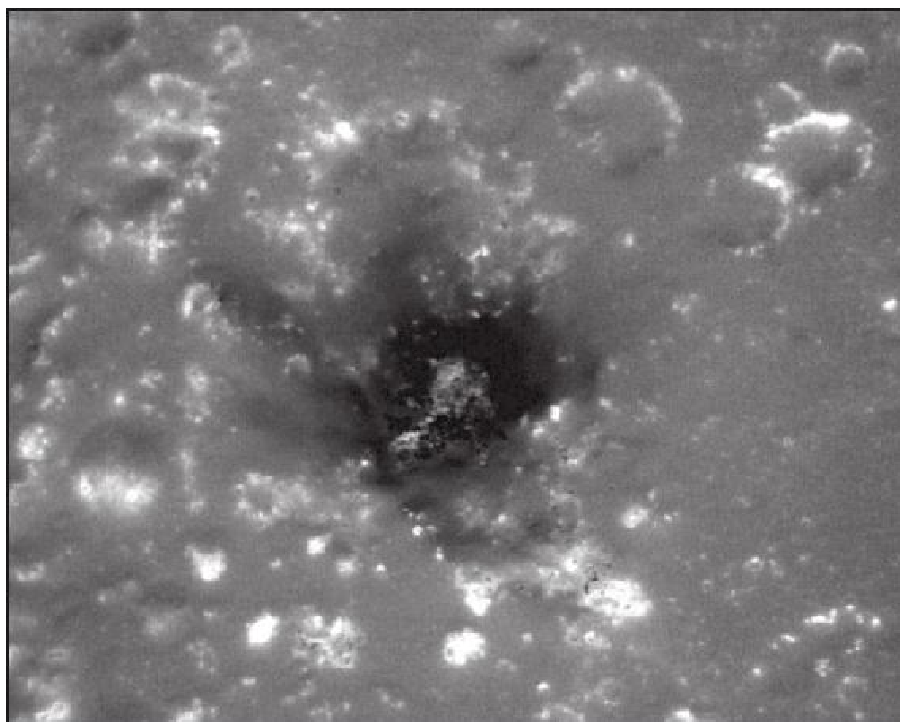


火山碎屑坑

2013年8月2日

图中黄色区域描绘了火山碎屑坑，尽管在这颗行星上常见，但这是最大的火山碎屑坑群，占据了10%的水星表面。这些火山碎屑坑被认为是火山气体驱动喷发的源头。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



深色物质

2013年5月5日

这幅图片中心形状不规则的洼地被认为是一个火山碎屑坑—不同寻常的一个，周围是一个未知成分的低反射率物质组成的深色区域，在其他火山碎屑坑很罕见。这个火山碎屑坑位于卡洛里斯盆地南缘。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



颜色差异

2013年2月22日

彩色滤光片对图像质量的影响在这两张合成图片上清晰可见。这两张图片都由数千张单独拍摄的图片组成。左边的版本结合了数千张单色图像，而右边的版本由红、绿和蓝色滤光的图像合成。表面地形和成分变化的描绘已经清楚得多了—尽管我们仍然对组成这颗行星表面的物质知之甚少。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所

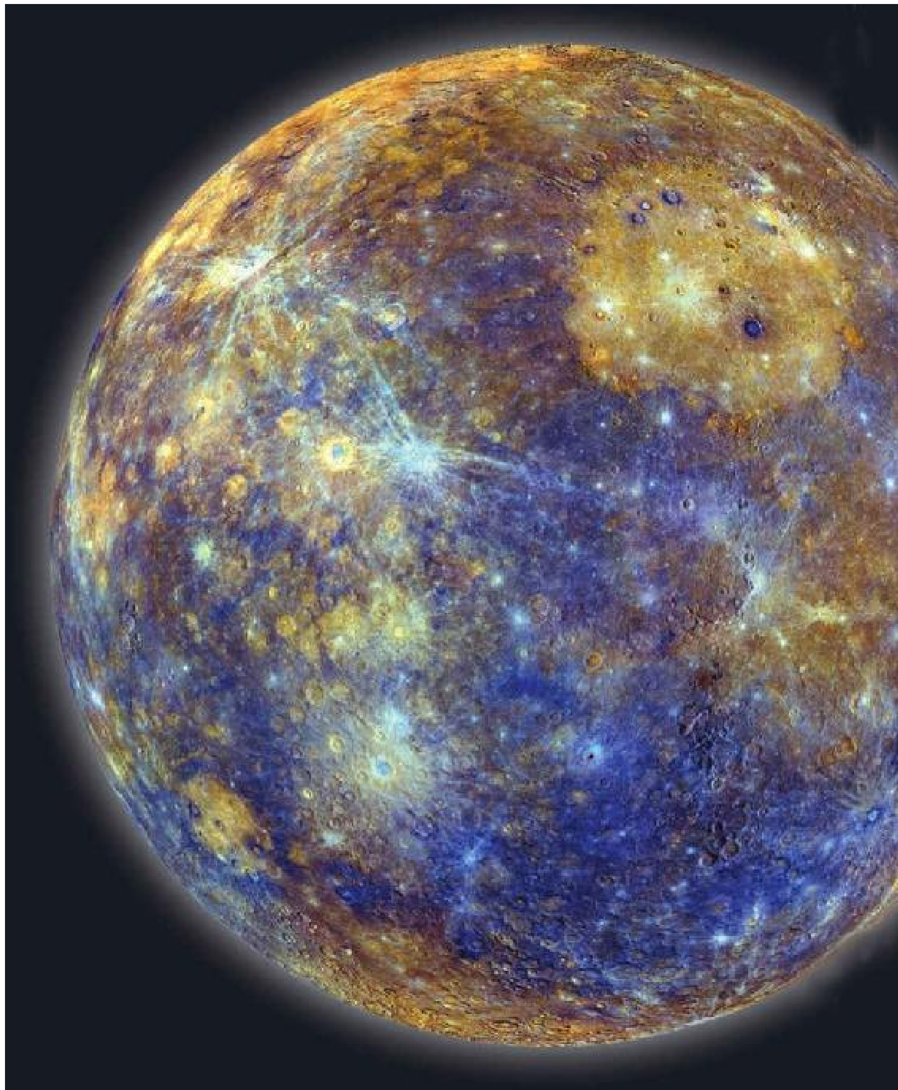


巴托克环形山

2013年4月26日

这幅图像左上方的巴托克环形山是一座116千米宽的复杂环形山，它有一个中心峰，被一些抛出物（在形成主环形山的撞击中抛出的物质）形成的较小环形山环绕。图右边浅色区域是一次相对近期的碰撞形成的一个较年轻的环形山，其更明显地发出辐射的抛出物就是证明。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



水星的色调

来自信使号的全球图像数据被收集起来绘制了这幅生动的彩色图像，其代表了水星的物理学、矿物学和化学特征。右上方的大块沙子颜色的区域是卡洛里斯盆地，在撞击产生了最初的撞击坑后被火山岩浆充满。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



发现断崖

2008年10月6日

从图像左上方开始沿对角方向延伸的断崖被称为“发现断崖”，这是一条650千米长、2千米高的巨大断崖。人们认为在水星上有很多不同长度的这种逆冲断层，是在水星核冷却收缩时形成的。这张照片由信使号的狭角相机拍摄。照片显示，这条断崖已经使一个超过100千米大的撞击坑变形了。

供图：NASA/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室/华盛顿卡耐基研究所



信使号开始其奔赴水星的任务

2004年8月3日

顶部搭载了信使号空间探测器的波音德尔塔II型火箭在卡纳维拉尔角发射时喷出了烟尘的巨浪。2008年1月，信使号成了（继1974年水手10号之后）第2个到达水星的空间探测器。到2013年3月，它已经完成了对这颗行星完整的成图。

供图：NASA

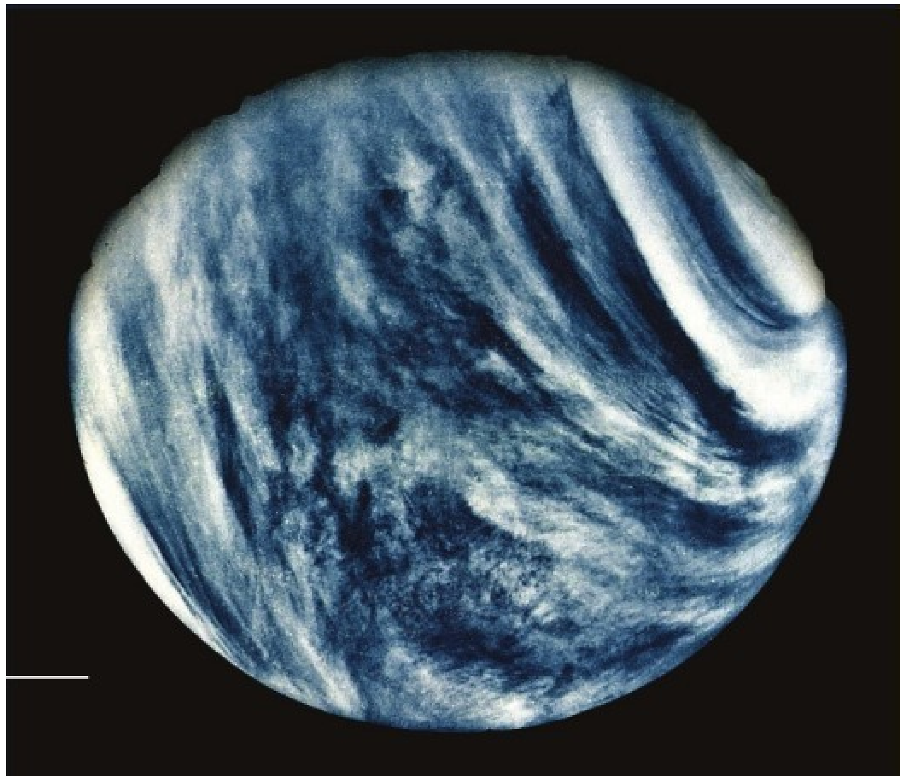
金星

尽管以罗马爱神（金星的英文名是Venus，罗马爱神的名字）命名，但金星一点也不浪漫。金星距离地球轨道仅有4500万千米，质量是地球的80%，无论从距离还是大小来说，金星都是地球最近的邻居，但这两个世界却迥然不同。

金星的大气是类地行星大气中最为稠密的-表面的大气压强是地球的92倍。金星大气还有很强毒性，由96%的二氧化碳组成。这样高浓度的温室气体导致了显著的热量积累：金星表面的温度可以达到462摄氏度。

厚厚的云层掩盖了下面的地形，但我们确实有了一些金星表面的图像-第1张在另一颗行星上拍摄的图像（苏联的金星探测器拍摄）。从这些图像上看，金星似乎和地球没有什么大的不同，在其致命大气造就了我们今天所见的荒凉世界之前，它甚至可能拥有海洋。





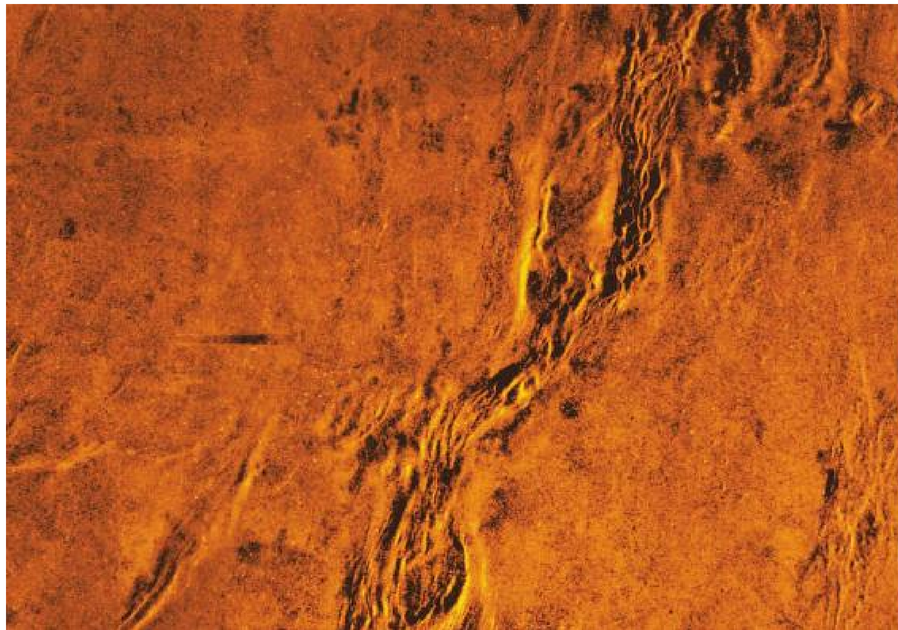
云层

1979年2月26日（左图）

1974年2月5日（右图）

硫酸云遮蔽了金星。这些金星先驱者轨道探测器拍摄的紫外图像以及水手10号探测器拍摄的彩色增强图像（试图展示人眼能看到的图像）显示了高海拔处速度达360千米/小时的风所产生的云层。

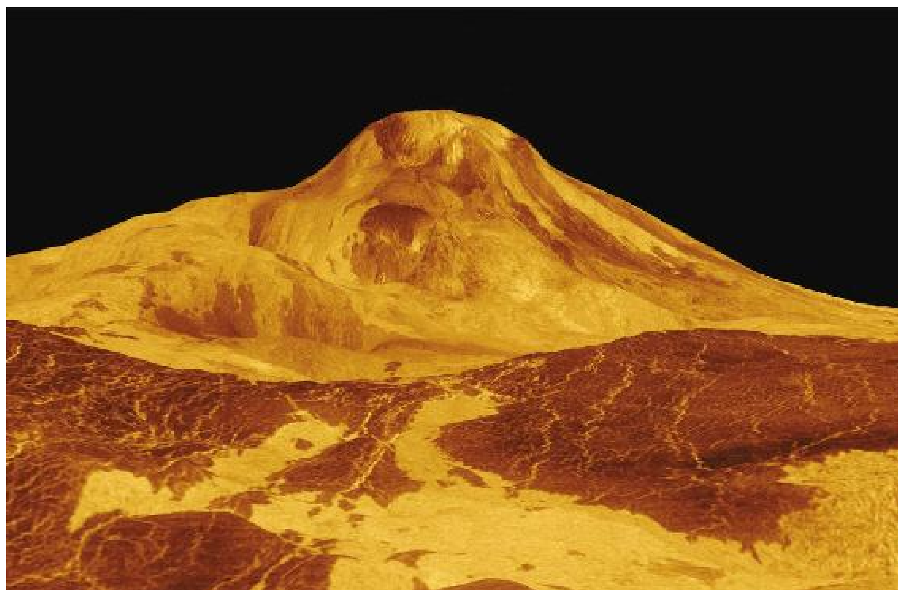
供图：NASA



雷达地形测绘

苏联在1983年发射的金星15号、金星16号探测器使用表面成像雷达设备对金星进行了成图，揭示了诸如山脊和峡谷这样的特征，如这幅图片中所示。人们相信这些结构是构造运动造成的，尽管我们对这颗行星的表面以及塑造它力量的所知还相对较少。

供图：迪特列夫·范·拉文斯瓦伊/科学照片图书馆



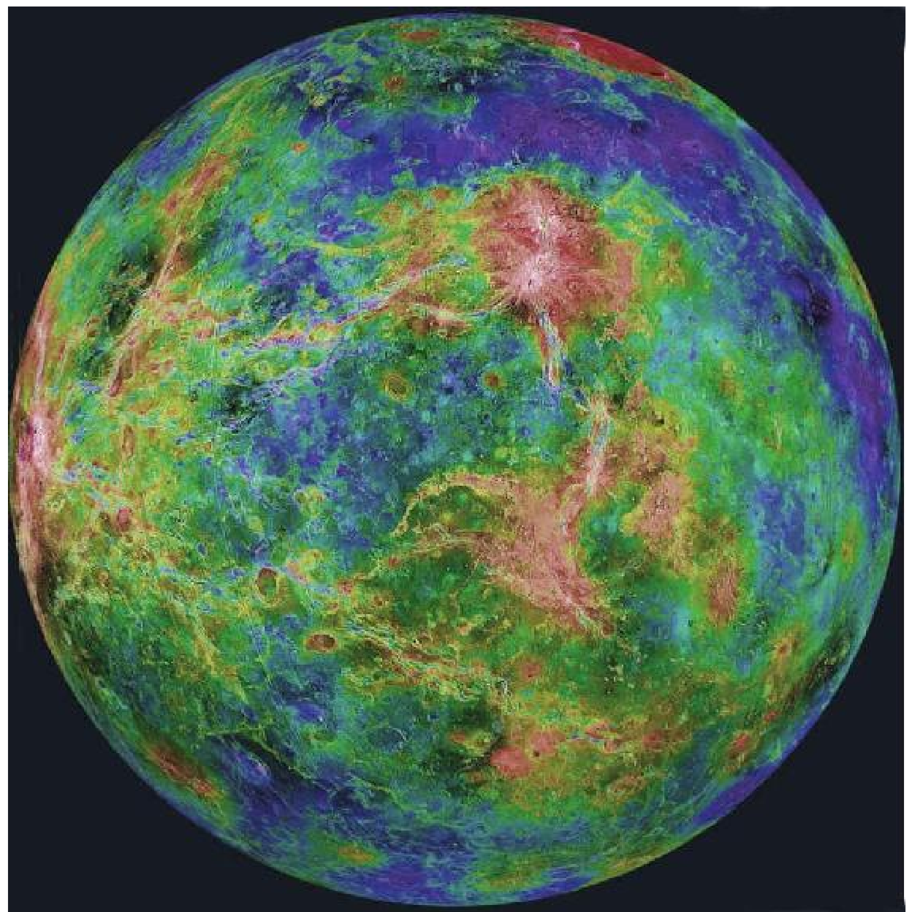
马特山

1991年10月

金星上最大的火山（也是第二高山）马特山有8000米高，喷出的岩浆（前景中暗色部分）流到

了离火山基部几百千米的地方。这幅三维透视图是用NASA麦哲伦卫星的数据制作的，用颜色模拟浓密大气过滤的光。

供图：NASA/喷气推进实验室

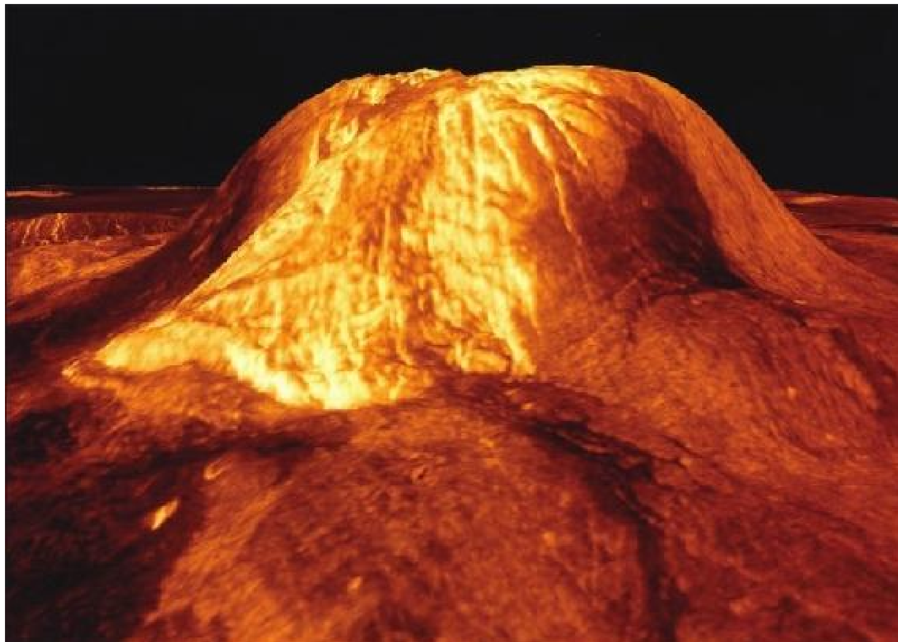


地形图

2012年5月16日

尽管是最近制作的，但这幅地形图使用了积累超过10年的雷达图像—很多来自麦哲伦卫星，有一些来自地球上的阿雷西博天文台和其他空间卫星。颜色表示高程的不同，描绘了边缘陡峭的高地和高海拔地区。这幅地形图表明可能存在富含矿物的长石英岩。

供图：NASA/JPL/USGS

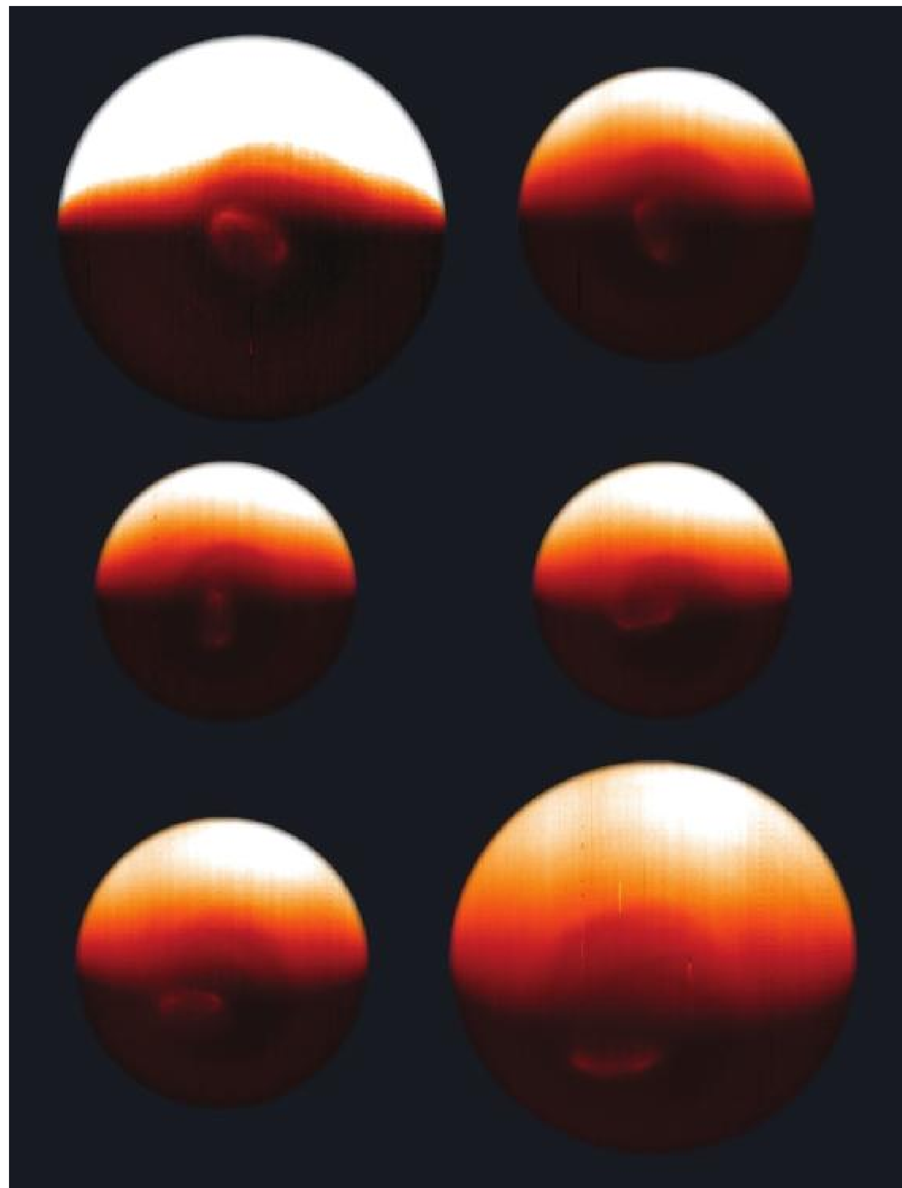


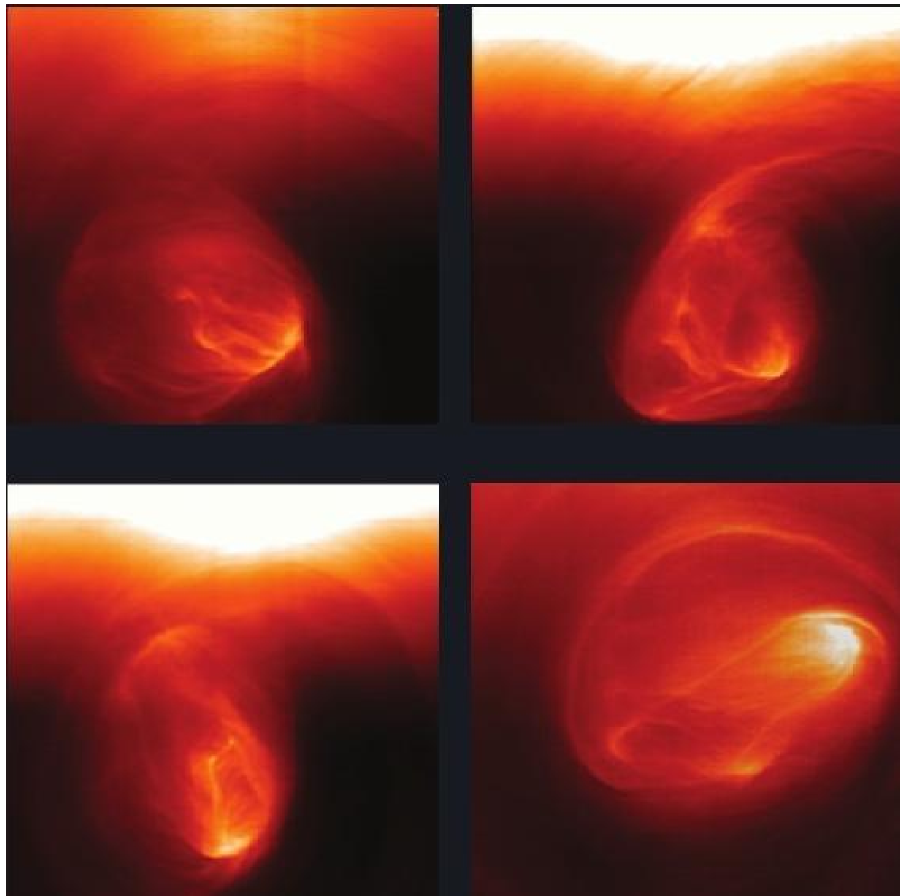
古拉山

1991年3月5日

计算机生成的古拉山（一座3千米高的火山）图像，描绘了双锥形态。这幅图片也是用麦哲伦卫星的数据制作的，基于苏联金星13号和金星14号空间探测器探测到的颜色上色。

供图：NASA/JPL





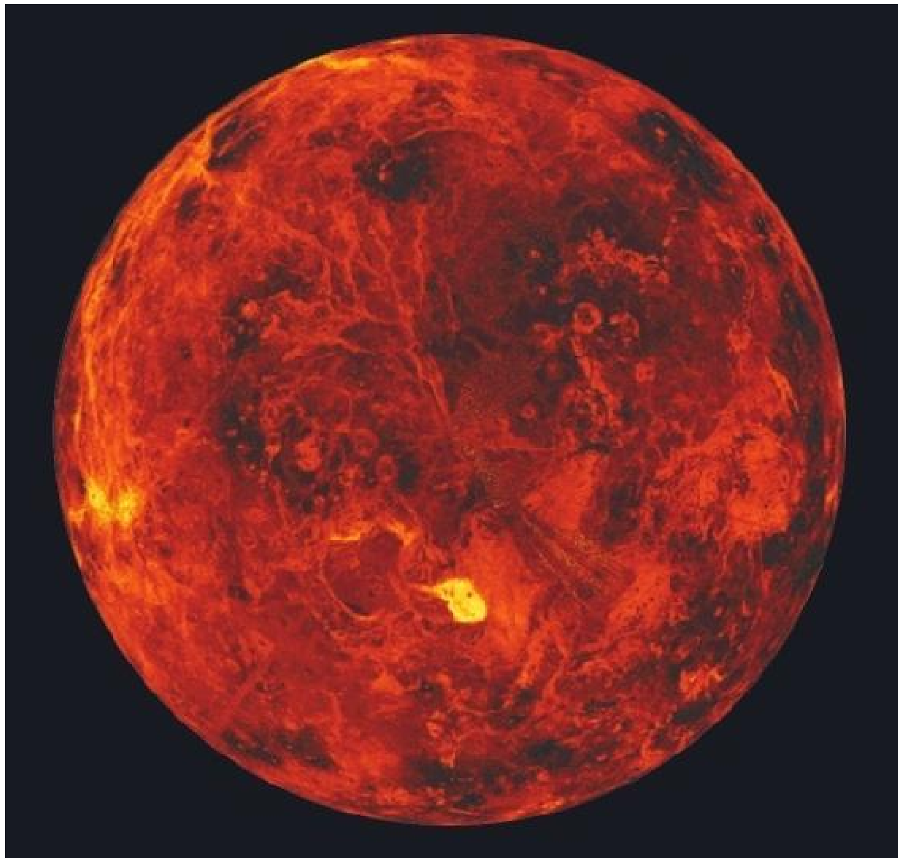
南极极涡

2006年4月12—19日（最左图）

2007年8月（左图）

金星两极上空长期存在的涡旋在几天甚至几小时内快速变化。这些可见和红外热成像光谱仪在欧洲空间局的金星快车探测器绕金星转动期间拍摄的红外图像，展示了南极的旋风（由金星大气的快速运动所驱动）形状的变化，旋风的转动比金星自身转动快60倍。

供图：ESA/VIRTIS-VenusX/INAFIASF/巴黎天文台天体物理研究实验室（A． 卡德辛·莫伊奈洛）

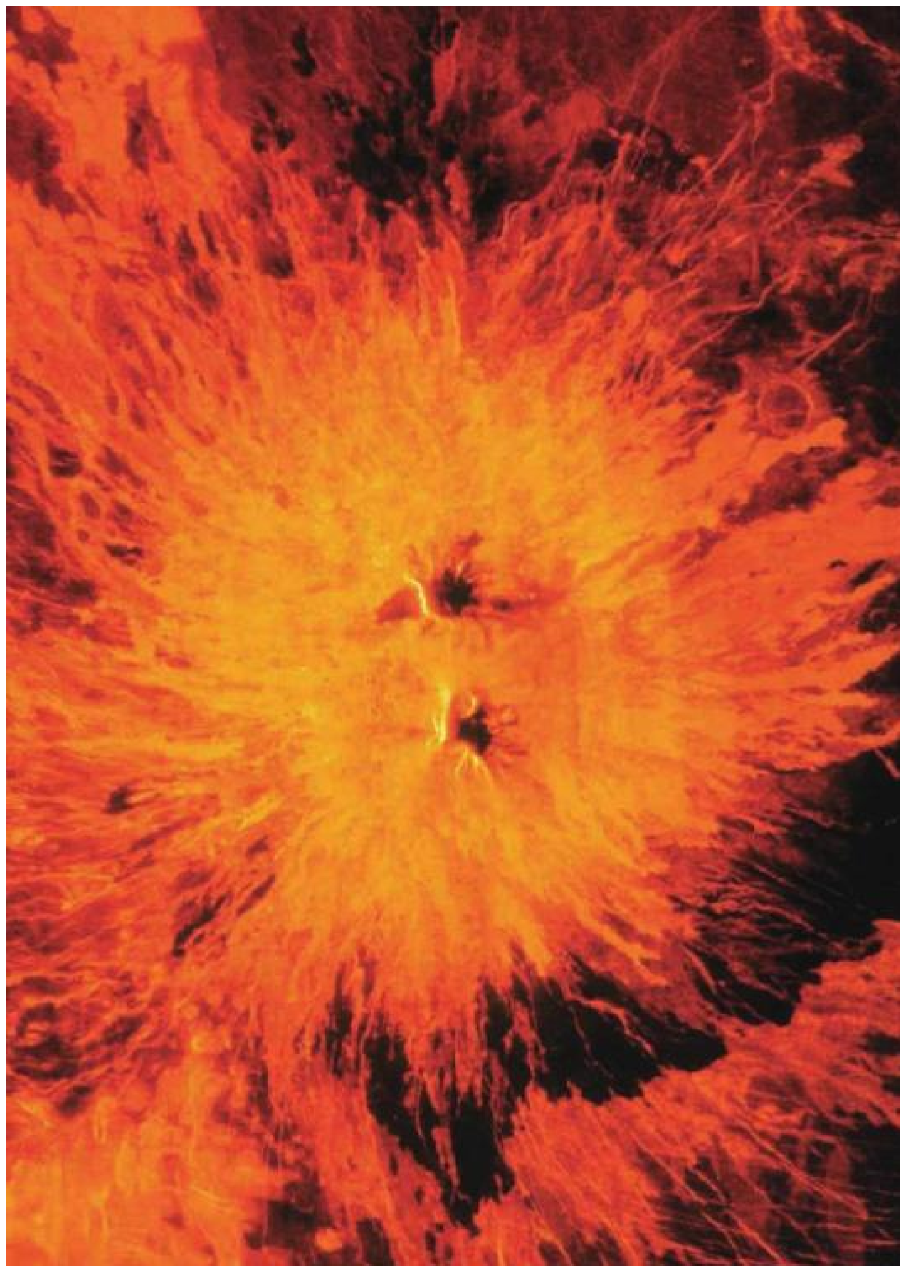


北半球全景图

1993年5月26日

这幅图是用麦哲伦卫星的雷达图像加上金星13号和金星14号着陆器、金星先驱者轨道探测器和阿雷西博天文台的数据制作的，描绘了金星主要的表面特征。图像的中下部明亮的黄色部分是麦克斯韦山脉，是金星上最大的山脉，比金星平均高程高出11千米。

供图：NASA/JPL

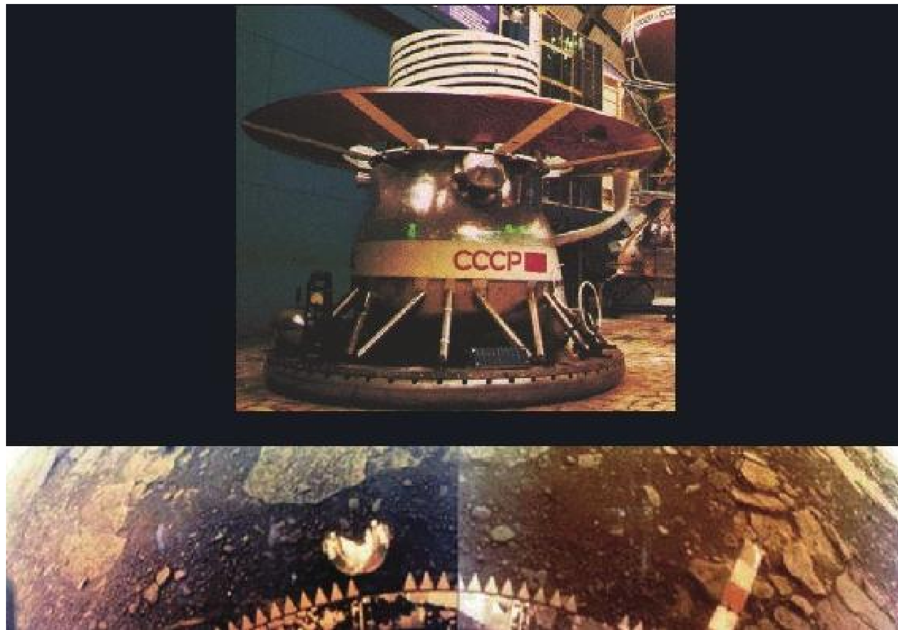


萨帕斯山

1991年5月28日

麦哲伦卫星对名为萨帕斯山的巨大盾形火山进行了成图，图中清楚地显示了径向熔岩流似乎来自侧翼喷发，而不是这座火山1.5千米高的峰顶上的两个平顶火山口。这座火山横跨大约400千米，是用来自麦哲伦卫星的成像雷达数据成图的。

供图：NASA/科学照片图书馆



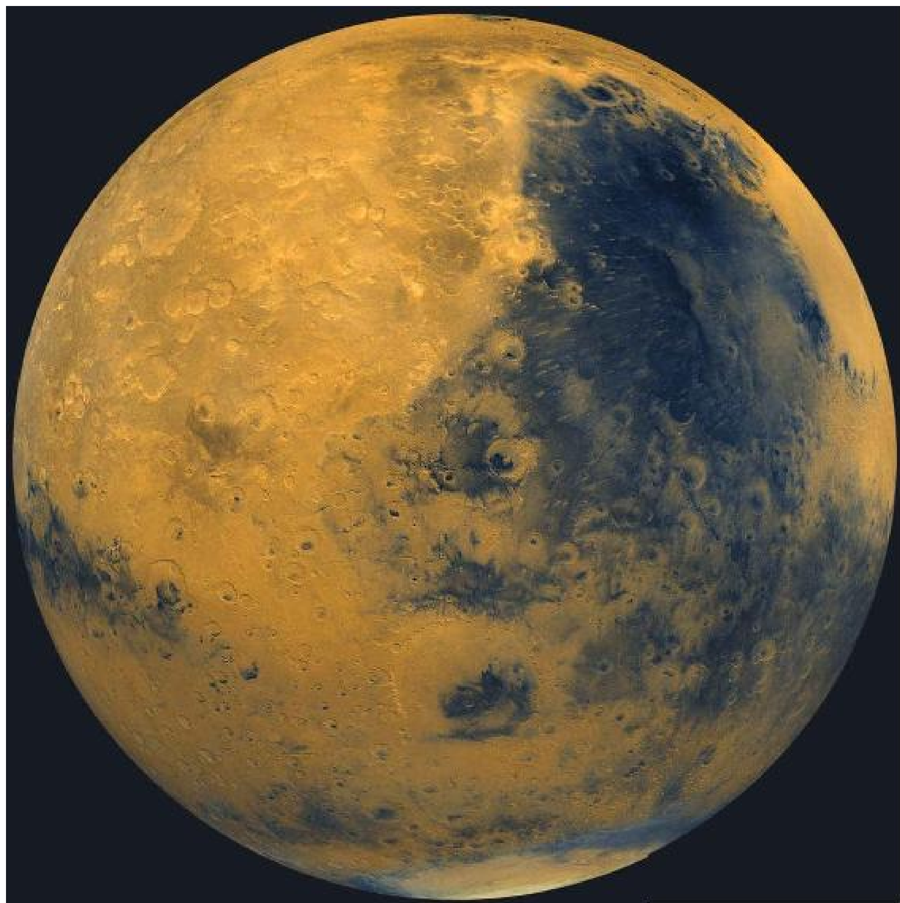
苏联的金星13号着陆器

1981年10月

金星13号于1981年10月30日发射，着陆舱于1982年3月1日与探测器分离，进入金星大气。它挺过了着陆阶段，在严酷环境(表面温度达457摄氏度，压强达84倍地球大气压)中坚持了127分钟，这个时长足以拍摄并传回一幅全景图以及传回对土壤样品的荧光光谱分析结果。

供图：NASA

火星

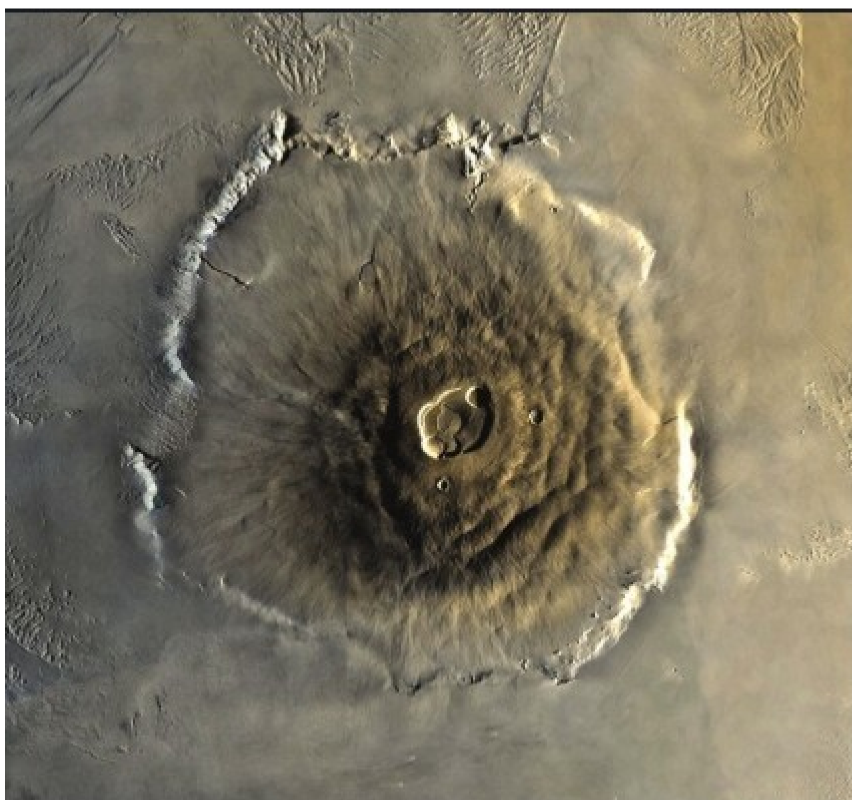


壮丽的红色行星

1980年

火星很容易辨识，它目前仍然是太空探索的主要焦点。这幅图右边的暗色区域是大瑟提斯平原。火星全球探勘者发现，这个1000千米宽的结构是一个地势低洼的盾形火山。这里缺少赋予火星独特岩石的细氧化铁尘埃，而是充满了玄武质火山岩。

供图：NASA/火星全球数字图像拼接项目/乔迪·斯旺/塔米·贝克尔/阿尔弗雷德·麦克欧文/美国地质勘探局(亚利桑那)



奥林匹斯火山

1978年6月22日

看起来像是火星表面的一个水疱，这是另一座盾形火山—奥林匹斯山，它在火星西半球。这也是太阳系第二高的山，超过2.1万米，比两个珠穆朗玛峰还高。

供图：NASA/MDIM/乔迪·斯旺/塔米·贝克尔/阿尔弗雷德·麦克欧文/美国地质勘探局（亚利桑那）



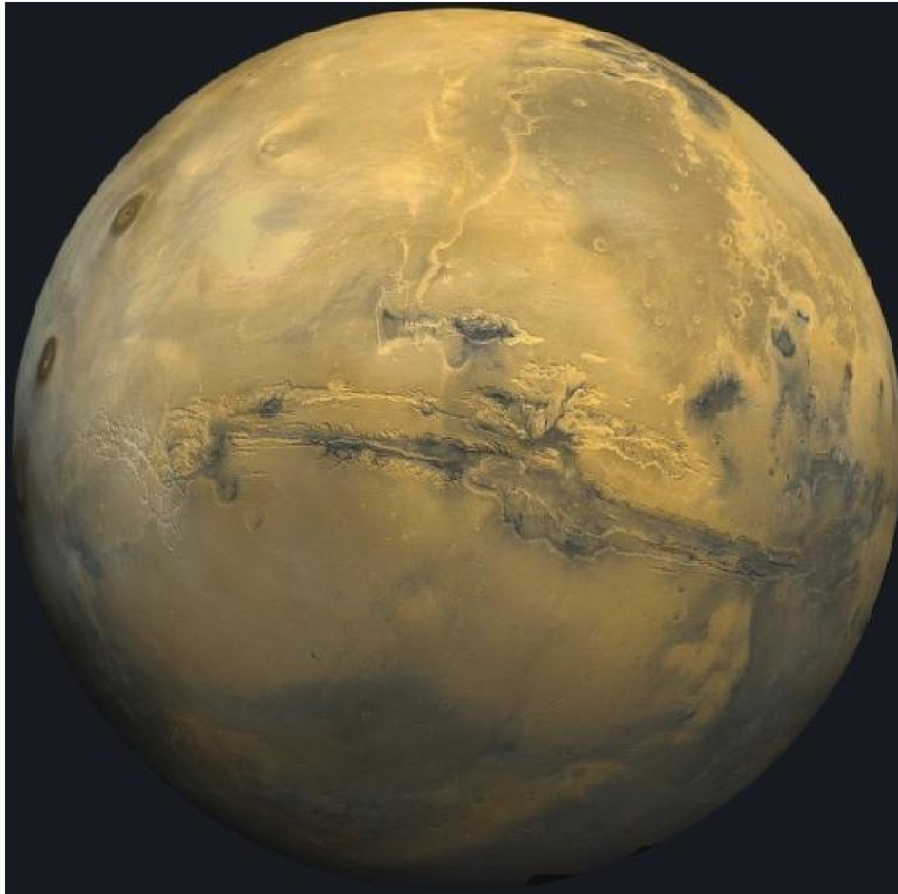
帕弗尼斯山

2006年

这些在盾形火山帕弗尼斯山侧翼发现的引入注目的地质特征，被认为是热的熔岩（在其冷却时会产生硬壳）形成的通道。热熔岩在通道坍塌前继续流过这些管道，在这颗行星表面留下了有趣的凹陷。

供图：EAS/德国空间中心/柏林自由大学（G．诺伊库姆）





水手大峡谷

太阳系最大的峡谷，水手大峡谷在火星表面留下了一道伤疤，最深处有8千米，这个峡谷超过美国亚利桑那州的大峡谷深度的4倍。左图是用20世纪70年代的两台维京轨道探测器拍摄的100多张照片拼接得到的。

供图：（左）维京项目/美国地质勘探局/NASA

（下）ESA/DLR/柏林自由大学（G．诺伊库姆）



维多利亚环形山

2006年10月3日

这座800米宽的维多利亚环形山位于火星赤道附近的子午线平原。在这张由NASA火星侦察轨道探测器于2005年拍摄的图片上，它看起来很美。撞击坑内部的图案是一片延展的沙丘区域。

供图：NASA/JPL/亚利桑那大学·56·



冰冻的环形山

火星上大多数环形山是小行星或彗星撞击这颗红色行星的结果。但这些在塔塔勒斯山脉发现的环形山，被认为是热熔岩流过冰冻的地面时引起的蒸汽爆炸造成的。

供图：NASA/加州理工学院喷气推进实验室/亚利桑那大学

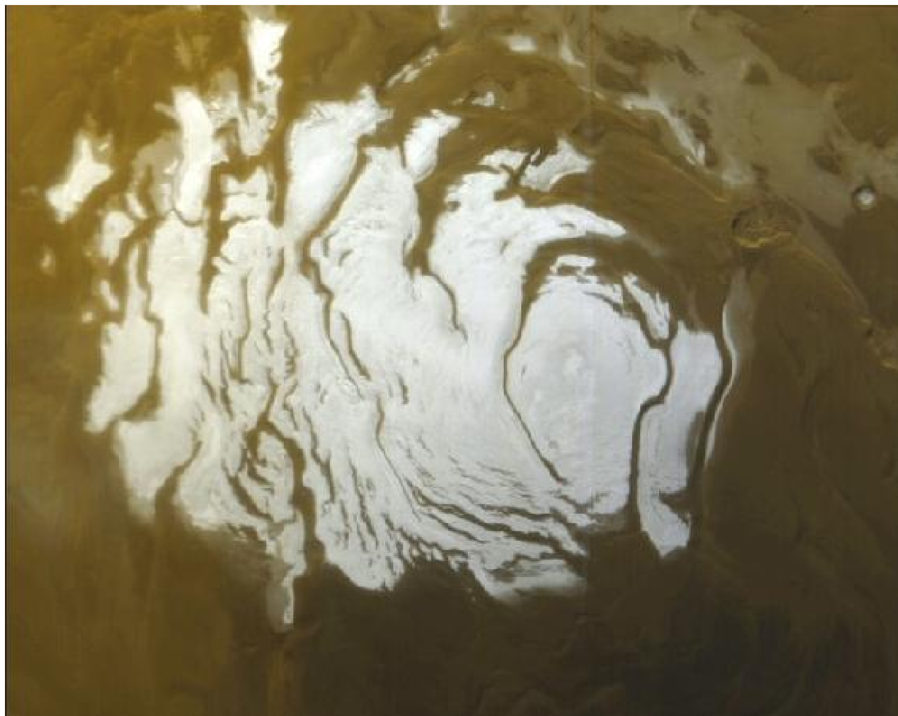


云中的

奥林匹斯山

这幅由维京轨道探测器拍摄的图像展示了笼罩在云中的巨大的奥林匹斯山。这些最有可能由水冰组成的云位于这座火山峰顶下方整整8千米处。

供图：NASA/科学照片图书馆

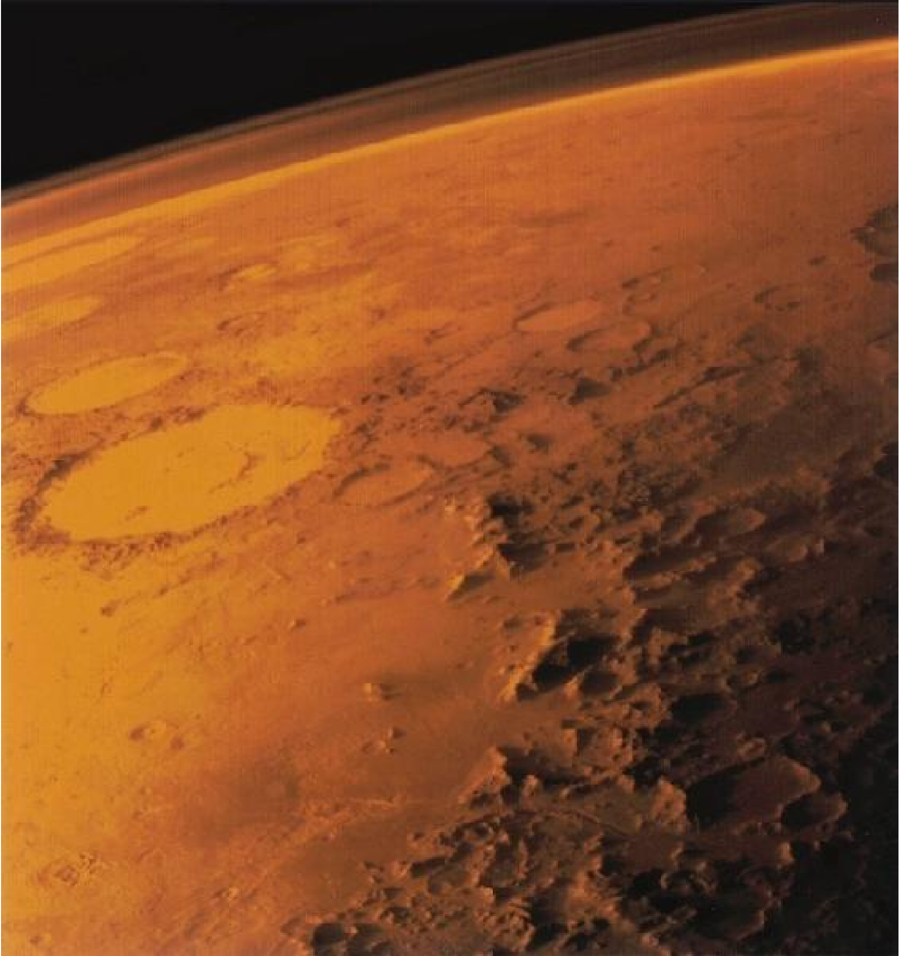


南极冠

2000年4月17日

在这张由火星全球探勘者的大型轨道探测器相机所拍摄的图片上，在火星南半球达到盛夏时南极冠处于最小的状态（大约420千米宽）。到6月，随着南半球进入冬季，冰冻的极冠会再次增大，这个区域将完全被冰覆盖。

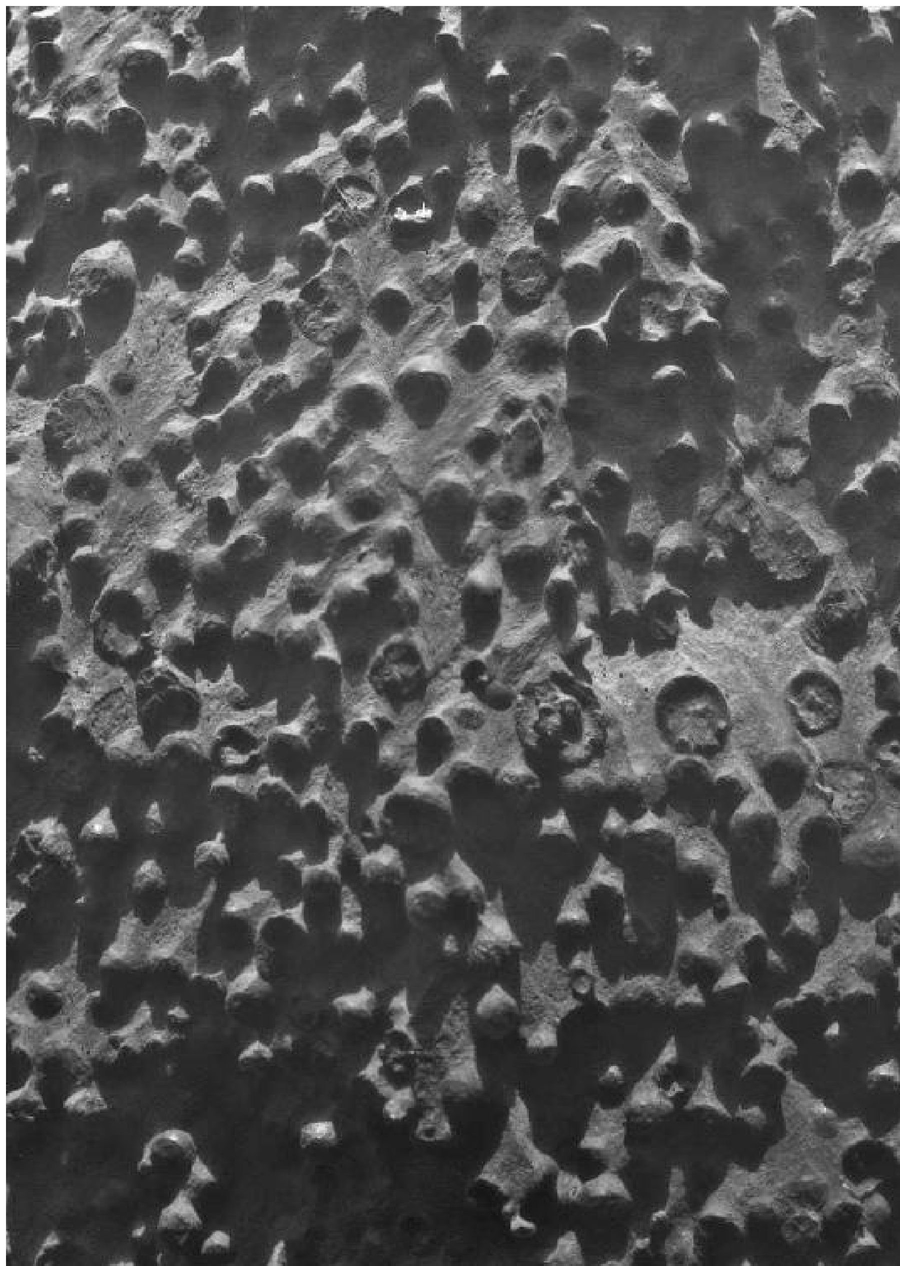
供图：NASA/JPL/马林空间科学系统



火星大气

火星稀薄的大气在这张照片的地平线上清晰可见。这颗行星的大气96%是二氧化碳，尽管近年发现的微量甲烷让科学家热切地畅想：这可能证实了这里曾经有过生命。

供图：NASA



神秘的圆球

2012年9月6日

在奋进环形山西边缘发现了一片小的球形物。这些小球昵称叫“蓝莓”，直径大约3毫米，是机遇号火星车发现的，其显微成像仪拍摄的4张照片拼接成了这幅图像。对这些小球的进一步研究可能增进我们对火星过去环境的认识。

供图：NASA/JPL-Caltech/康奈尔大学/USGS/莫德斯托初级学院



好奇号火星车的发现

自2012年8月6日降落在火星上以来，NASA的好奇号火星车已经极大增进了我们对这颗行星的认识，它传回了丰富的彩色图像。类似这两张照片的表面地质照片帮助科学家持续地解密这颗诱人的行星。

供图：NASA/JPL-Caltech/美国洛斯阿拉莫斯国家实验室/法国国家空间研究中心/法国天体物理和行星科学研究所/法国南特行星和地球动力学实验室/法国国家科学研究院/高等研究院/马林空间科学系统

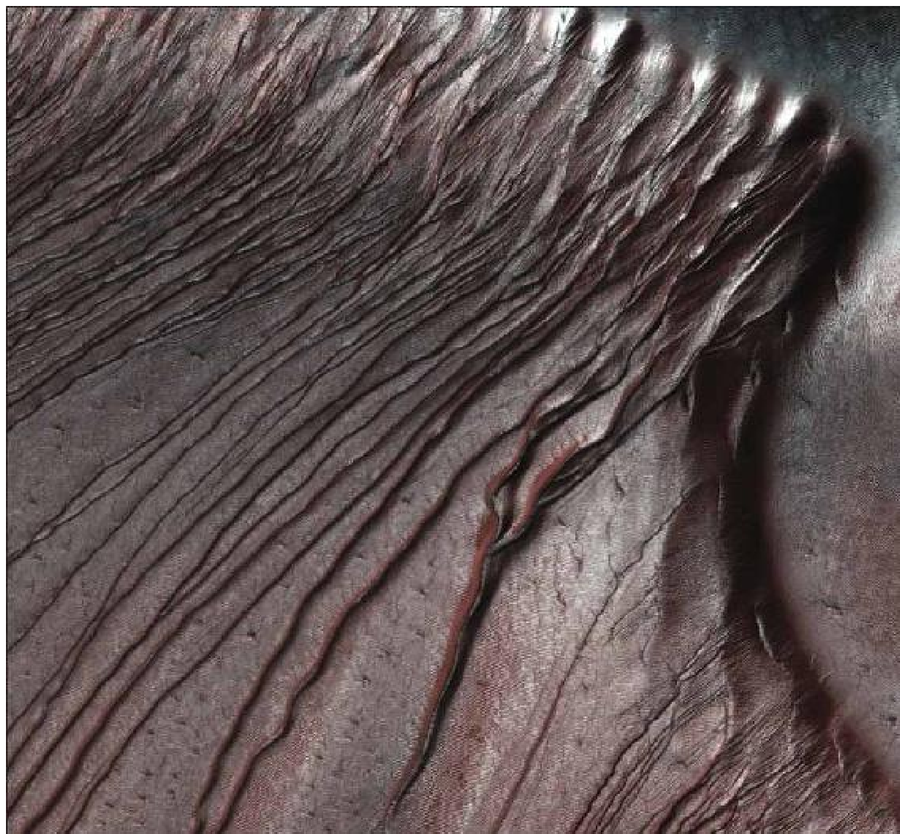


野狗缺口

2014年1月28日

2014年1月，NASA的好奇号火星车接近野狗缺口，即两座缓崖之间的一条浅山谷。这幅图结合了好奇号上的左眼相机拍摄的图像。

供图：NASA/JPL-Caltech/MSSS



罗素环形山中的沙丘

这是火星侦察轨道探测器于2013年11月拍摄的一幅罗素环形山中沙丘的非凡图像。暗色区域是尘埃层已被吹走、暴露出的下面较暗的玄武岩层的区域，较白的色块代表二氧化碳霜。

供图：NASA/科学照片图书馆



好奇号火星车

2013年2月3日

好奇号传回了一张自拍照—这辆火星车持透镜成像仪所拍摄的数十张照片的合成照片。好奇号这个火星探测器于2011年11月发射，为了近距离研究这颗行星的地质状况。

供图：NASA/JPL-Caltech/MSSS

小行星带

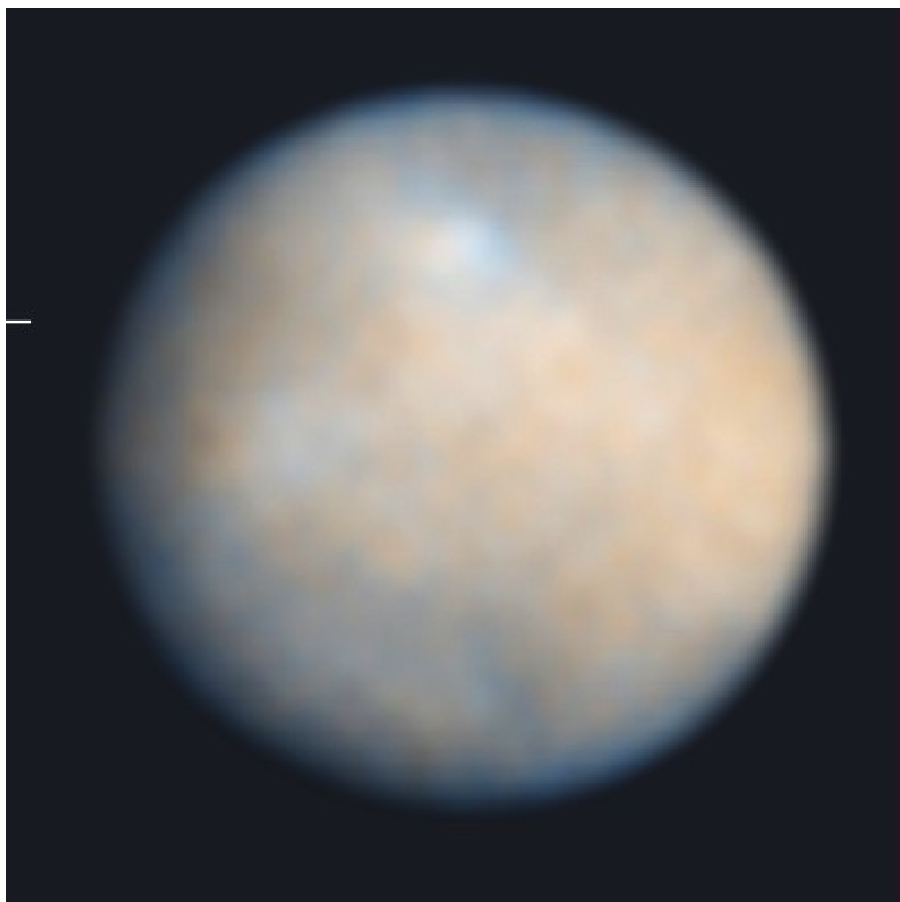


小行星灶神星的表面

2011年7月24日

巨型小行星灶神星这幅引人注目的图像是NASA的黎明号探测器在5200千米的距离拍摄的。除了研究灶神星，黎明号还研究矮行星谷神星，当时计划2015年2月到达。这幅灶神星的图片展示了其赤道周围的平行凹槽，以及无数不同尺寸的环形山。

供图：JPL



矮行星谷神星

2004年1月23日

作为小行星带中发现的最大天体，谷神星占据了小行星带质量的1/3。它的表面积大约是英国面积的12倍。

供图：NASA/ESA/J．帕克，西南研究所， P． 托马斯康奈尔大学， L．麦克法登马里兰大学帕



爱神星的环形山之内

2000年6月14日

爱神星，一颗33千米长、13千米宽的近地小行星，由NASA的NEAR舒梅克探测器进行了广泛研究。这个探测器也拍摄了这颗小行星的大环形山的多幅图片。这幅伪彩色图像展示了环形山的风化层—覆盖爱神星岩石的松散物质。偏红色的阴影显示了在与太阳风接触和与其他天体进行温和碰撞后发生化学变化的风化层。

供图：NASA/JPL/约翰·霍普金斯大学应用物理实验室



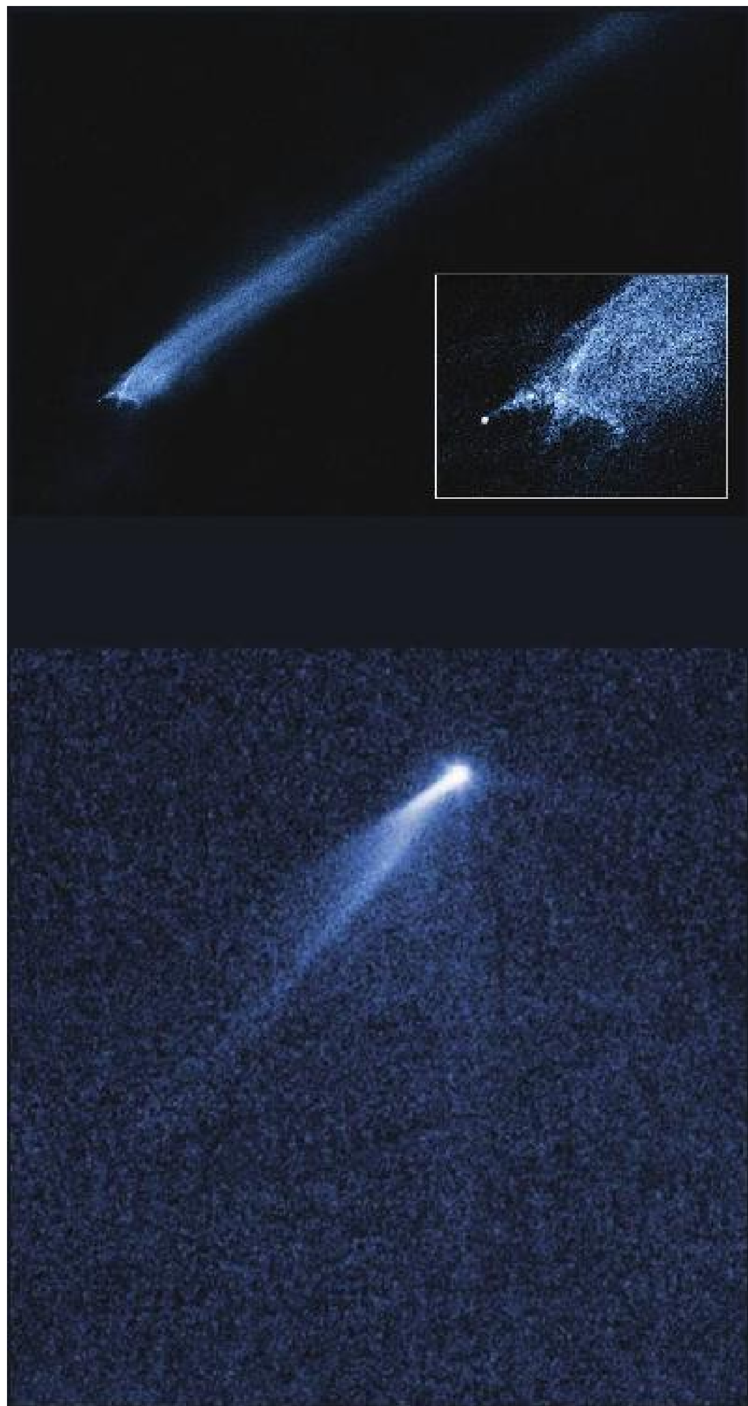
一颗活跃

小行星的行为

2013年9月10日和23日

小行星带中被称为P/2013 P5的天体的6条类似彗星的尾巴。两幅图像都是NASA的哈勃空间望远镜拍摄的。第1幅（左图）是2013年9月10日拍摄的。出乎对其进行监测的人的预料，13天后拍摄的第2幅图显示这颗小行星发生了旋转，可能是因为辐射压。

供图：NASA/ESA/D．杰维特（加州大学洛杉矶分校）



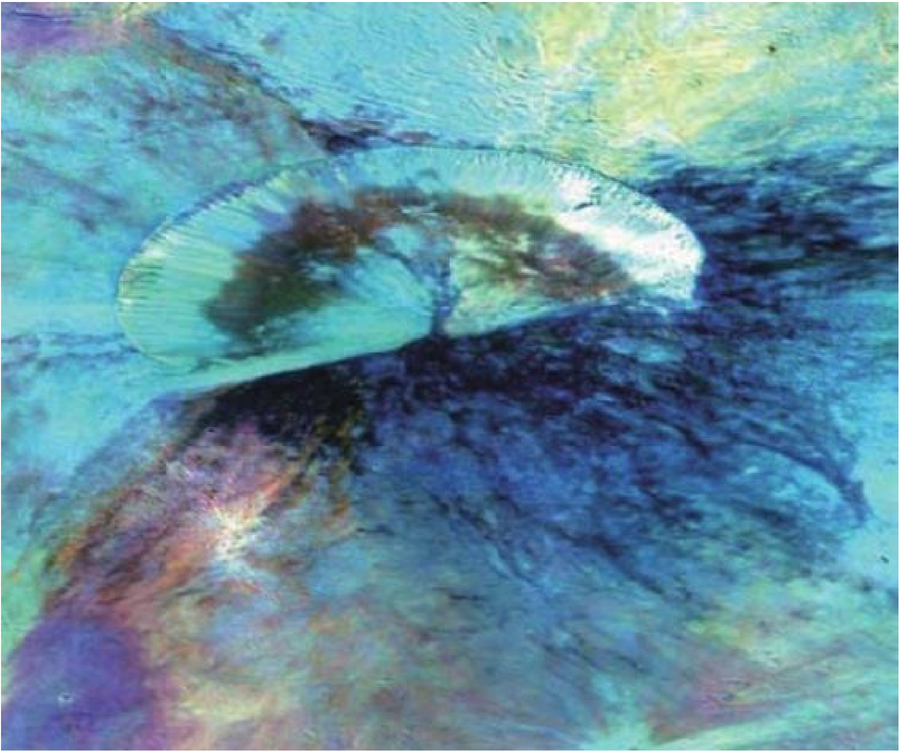
小行星正面碰撞

2010年1月29日

这可能看起来像一颗彗星，但不是。NASA的哈勃空间望远镜证明：这个叫作P/2010 A2的天体实际上是距离地球大约1.4亿千米的两颗小行星以大约5千米/秒的速度正面碰撞的产物。蓝色滤

光片的使用增强了这个天体的细节显示效果。

供图：NASA

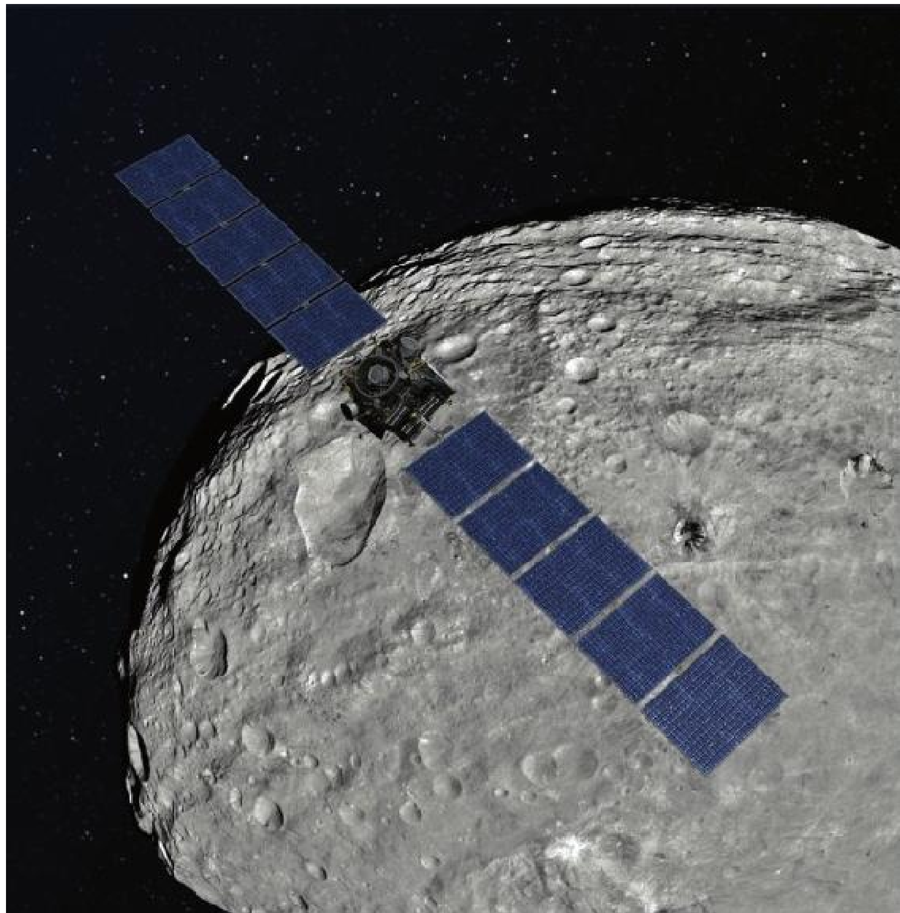


灶神星的安东尼娅环形山

2011年9—10月

这幅惊人的彩色合成图像显示了巨型小行星灶神星上南半球一座17千米宽的环形山—安东尼娅环形山。浅蓝色代表来自这颗小行星下地壳的颗粒状物质，而深蓝色显示了环形山南缘投下的阴影。这幅合成图像是由黎明号探测器拍摄的。

供图：NASA/JPL-Caltech/UCLAMPS/DLR/IDA



黎明号探测器围绕灶神星

这是NASA黎明号探测器围绕灶神星的艺术想象图。黎明号于2007年9月发射，2011年7月首次环绕这颗小行星飞行，14个月后脱离其引力束缚，奔赴谷神星。

供图：NASA/JPL-Caltech



先驱者10号向小行星带进发

1972年3月3日

先驱者10号是由宇宙神-半人马座火箭发射的。在其奔赴木星的旅程中，它于1973年2月15日成了第1台穿过小行星带的探测器。先驱者10号收到的最后一个信号是在2003年1月23日，那时它已经从地球出发，行进了120亿千米。

供图：NASA

木星



远看木星

2000年12月

卡西尼号空间探测器在这幅令人震撼的图像中捕捉到的木星的颜色展示了在这颗气体巨行星充满风暴的大气里壮观的细节和结构。这张照片是2000年12月这台空间探测器在奔赴土星的途中经过木星时拍摄的。

供图：Thinkstock

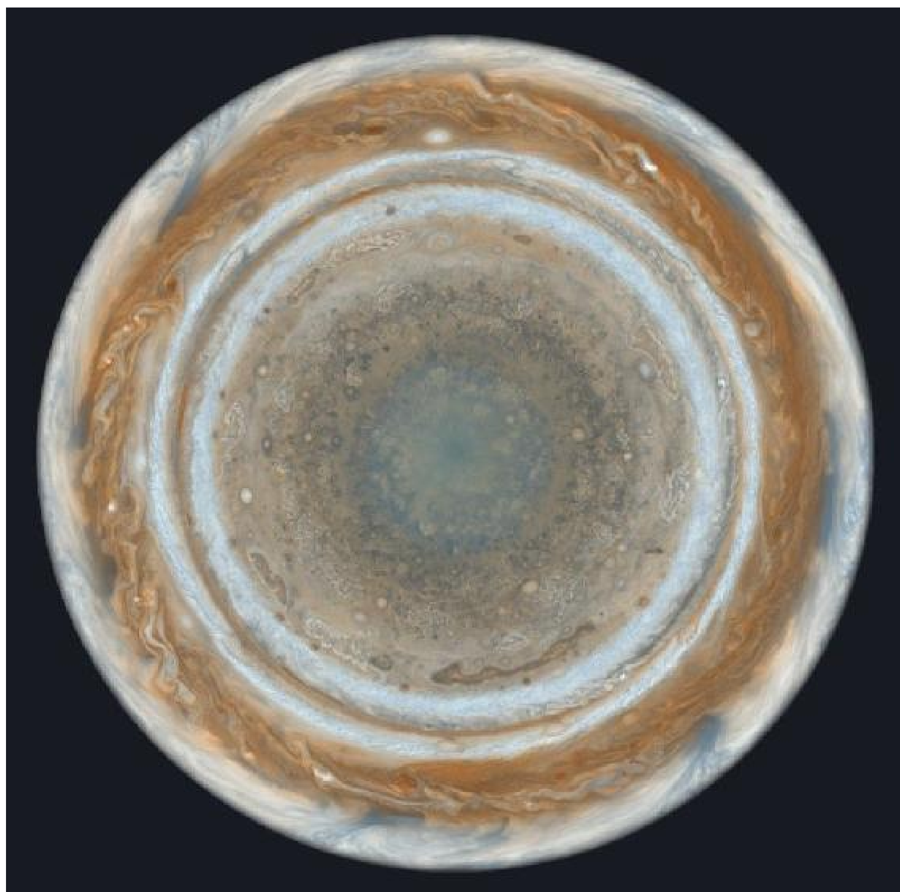


布朗·巴奇

1979年3月2日

同样由旅行者1号拍摄的这张图片，显示了木星表面的一个长的棕色椭圆，被称为布朗·巴奇。它横跨1万千米，据说这个椭圆代表了上层云层的一个开口，揭示了这颗行星更深的气体层。

供图：NASA

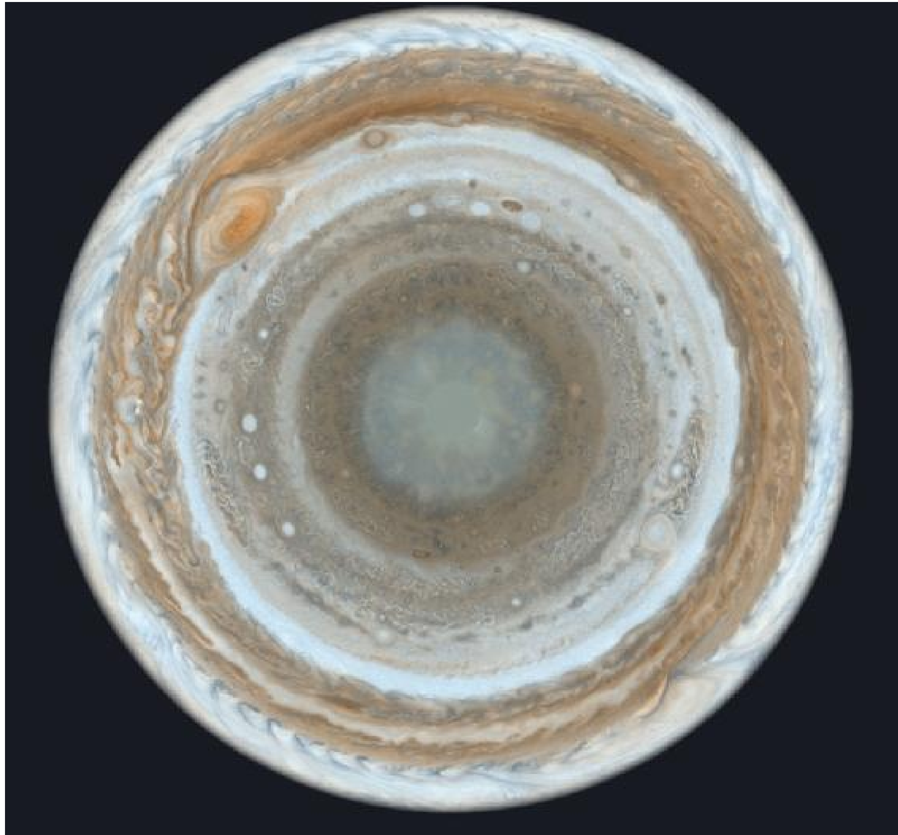


木星北极

2000年12月11—12日

在奔赴土星的途中，卡西尼-惠更斯号空间探测器上的狭角相机拍摄了用于合成这张木星北极的拼接图像的那些照片。这个相机连续9个小时每个小时都拍摄了很多照片，当时木星就在飞船下方转动。

供图：NASA/JPL/空间科学研究所



木星南极

2000年12月11—12日

这些图片代表了迄今木星最细致的彩色合成图。平行的白色和红棕色圆圈是云，而大红斑在图像的左上角清晰可见。什么是大红斑？继续往下读……

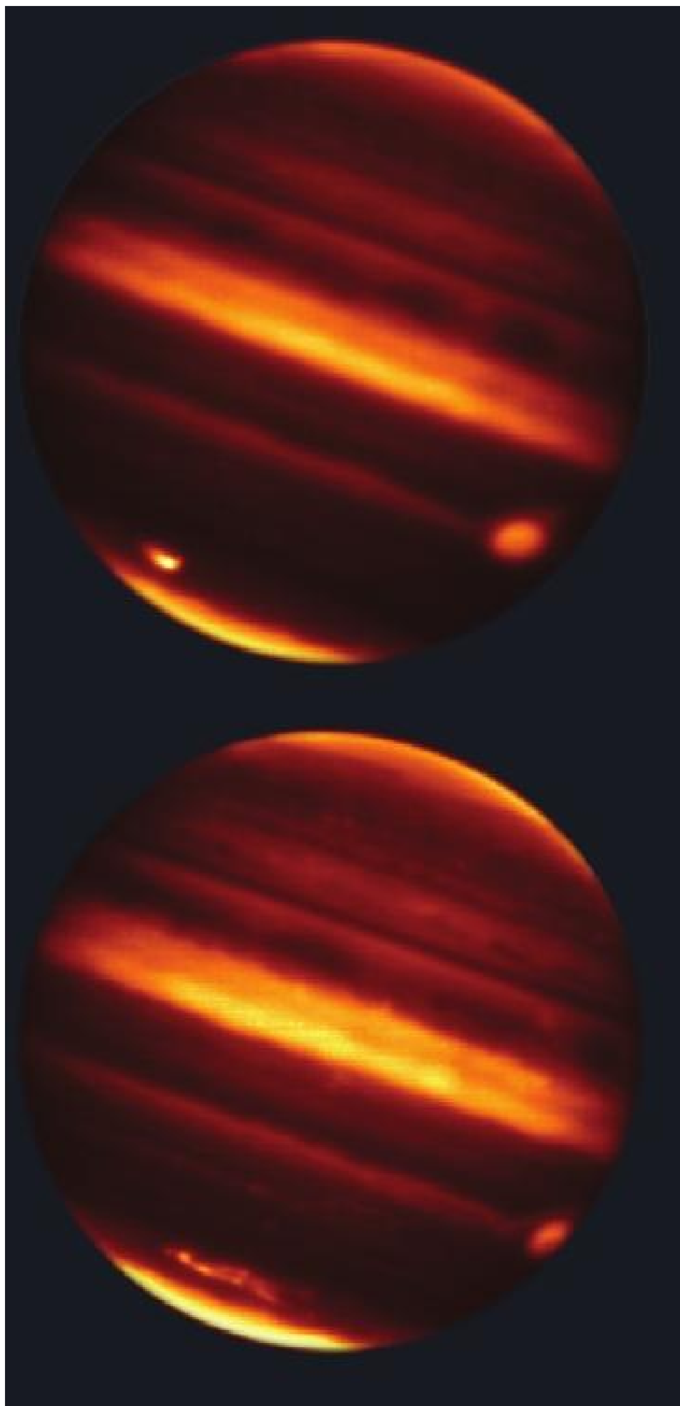
供图：NASA/JPL/空间科学研究所



大红斑

这幅非凡的大红斑的再处理图片，最初是旅行者1号在1979年的飞越过程中拍摄的。大红斑实际上是一个正在运动的反气旋，横跨4万千米。科学家估计，大红斑可能已经存在了长达350年。

供图：NASA/比约恩·永松



红外波段看到的木星“伤疤”

2009年7月20日（上图）

2009年8月16日（下图）

夏威夷莫纳凯亚山上的NASA红外望远镜拍摄的这两张图片，展示了2009年7月19日一个天体进入木星大气后的遗迹的弥散。上图左下角，撞击后一天拍摄的图片中的遗迹看起来是一个明亮的橙色斑点，将近一个月后，从下图中可看到，遗迹被木星的风吹开，散成了一条长的“伤疤”。

供图：NASA/红外望远镜装置/JPL-Caltech/牛津大学

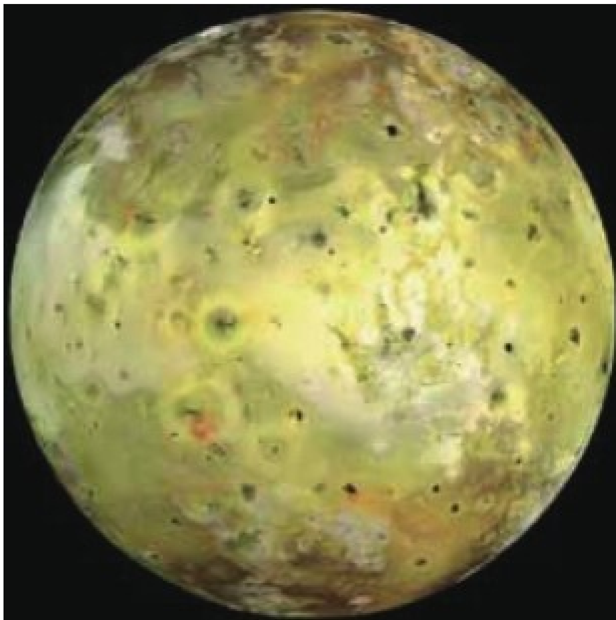


紫外波段的木星

1994年7月21日

这幅紫外图片靠近底部的黑点展示了舒梅克-列维9号彗星碎片对木星大气的撞击。这颗彗星在1994年7月的一周时间令人吃惊地与木星相撞。木星中心上方清晰可见的孤立黑点则和彗星的撞击没有一点关系，它实际上是木星的众多卫星之一爱奥（木卫一）。

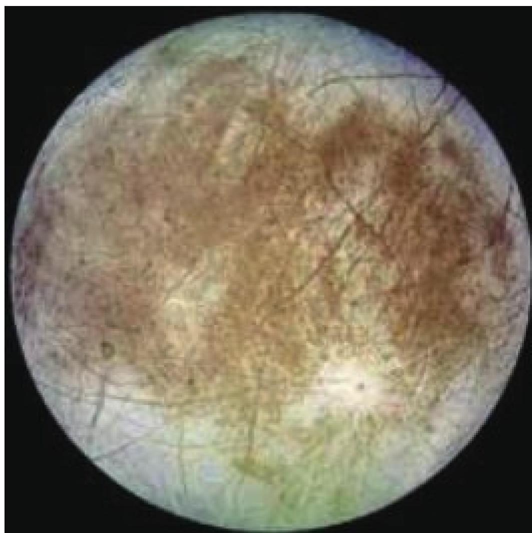
供图：哈勃空间望远镜彗星团组和NASA/ESA



木星卫星爱奥（木卫一）

伽利略卫星(木星67颗卫星中最大的4颗）于1610年被意大利天文学家伽利略发现。这是爱奥（木卫一），是最近的伽利略卫星，它有400座活火山，是太阳系中火山最活跃的天体。

所有卫星的图片都来自：哈勃空间望远镜彗星团组和NASA/ESA



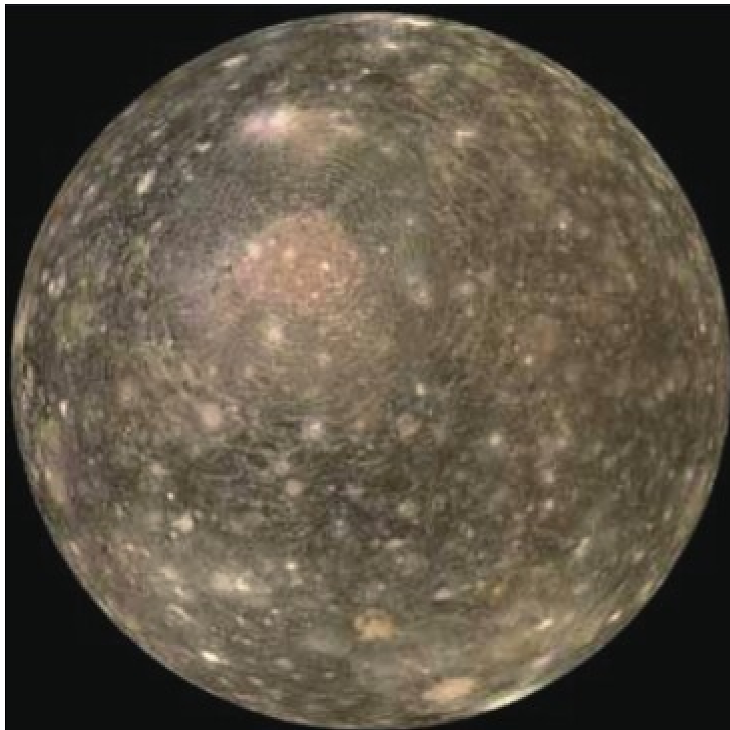
木星卫星欧罗巴（木卫二）

它或许是4颗伽利略卫星中最小的一颗，但欧罗巴（木卫二）仍然是太阳系中第6大的卫星。据估计它大约有45亿年的历史（差不多和木星同龄），表面由一层冰覆盖，表明下面是活跃的海洋。



木星卫星盖尼米得（木卫三）

盖尼米得比水星和冥王星都要大，是整个太阳系中最大的卫星，这使得它可以被肉眼看到。这第3颗伽利略卫星的轨道周期仅有7天多一点。



木星卫星凯里斯特（木卫四）

把凯里斯特（木卫四）的表面描述为“麻子脸”算是保守了，它的环形山比太阳系其他天体都要多。因为几乎没有板块构造运动或火山活动，这些环形山被认为是撞击坑，是被其他天体撞击的结果。

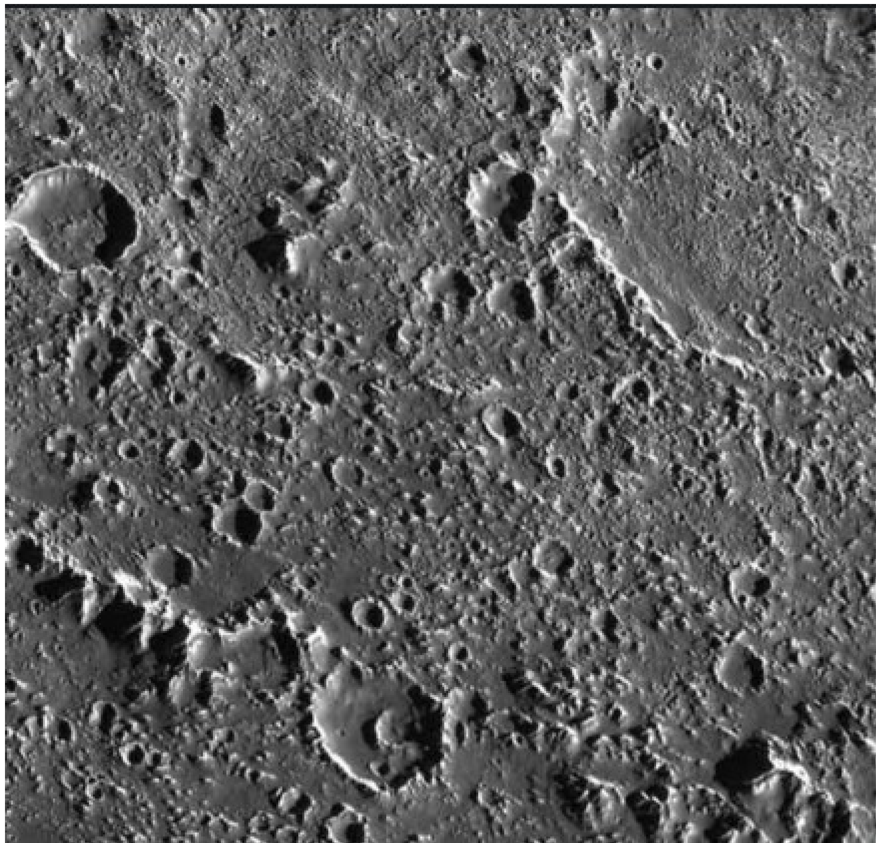


木卫三上的环形山链

1997年4月5日

木星最大的卫星木卫三上的一排13座环形山被称为恩基链，可能是一颗彗星散开的部分快速连续撞击后形成的。

供图：伽利略项目/布朗大学/JPL/NASA

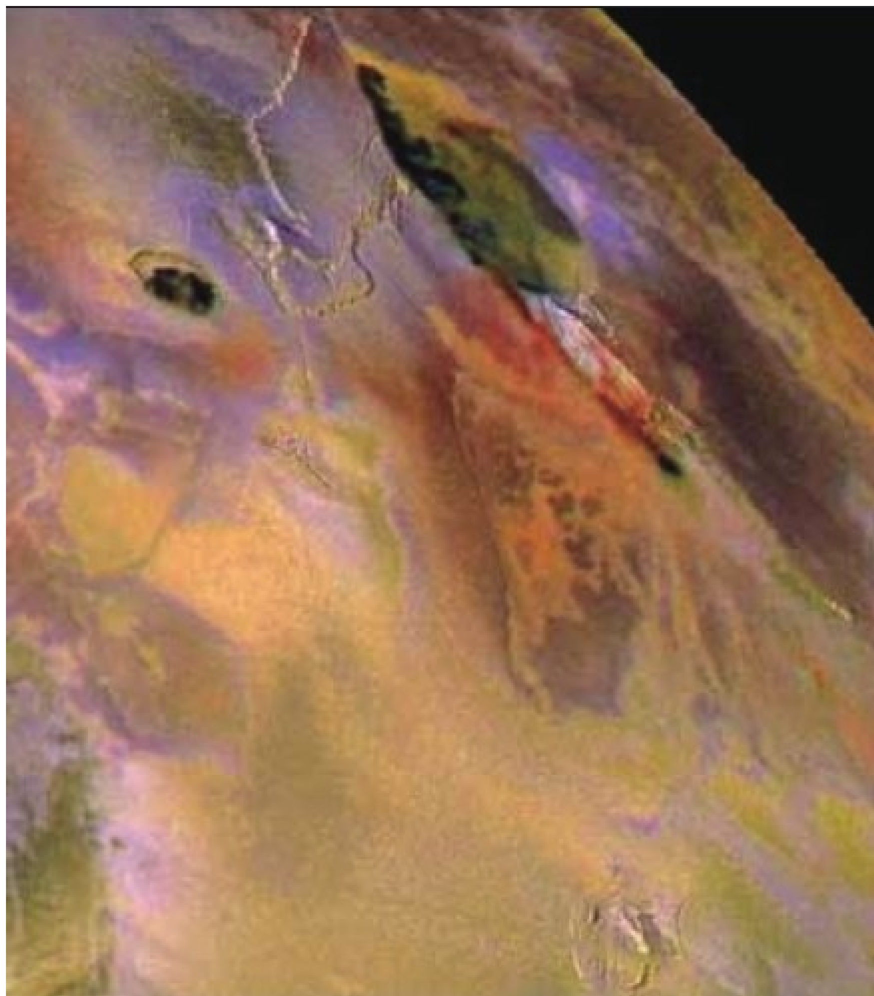


木卫四有纹理的地形

1997年9月17日

在伽利略卫星木卫四的仙宫盆地中，撞击盆地表面和周围平原的对比清晰可见，冰冻的小突起产生了比在这颗卫星上其他地方更细的纹理。

供图：NASA/JPL



木卫一上的火山活动

1999年7月3日和1999年11月25日

这幅在不同的日期拍摄的低分辨率彩色图和高分辨率黑白图的合成图，显示了帕特拉湾，即木卫一表面的一个大火山环形山。较暗的部分表示这座火山环形山的边缘，而红色区域表明熔岩喷发到了这颗卫星表面。

供图：NASA/JPL/亚利桑那大学



木卫二表面

1997年2月和12月

这幅拼接图显示了木卫二表面康内马拉混沌区域的浮冰。当这颗卫星的外壳破裂和移动时，这些冰块也会移动和旋转。背景图片是在伽利略号空间探测器于1997年2月绕木星第6周时拍摄的，而有更多细节的高分辨率图片是在10个月后这个探测器绕木星第12周时拍摄的。

供图：NASA/JPL



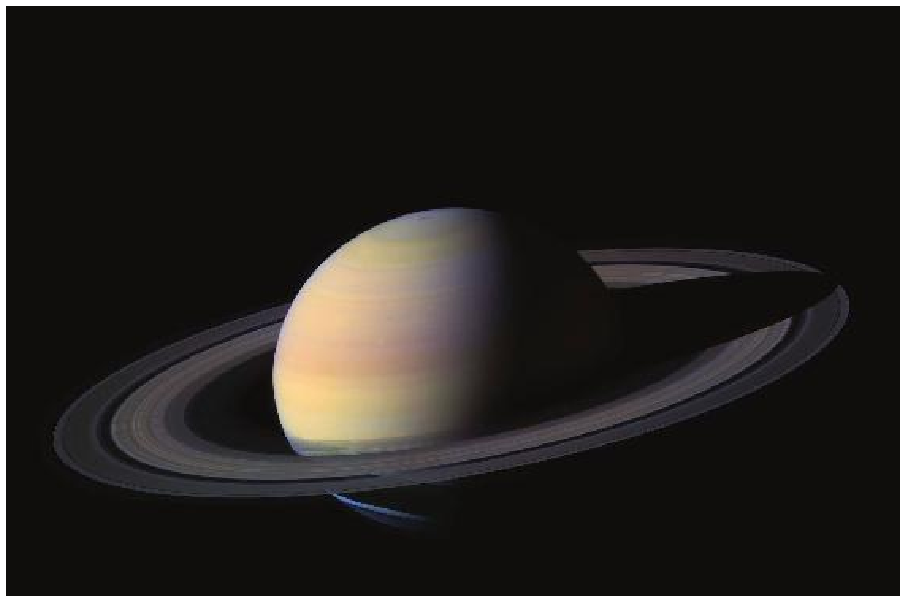
伽利略号空间探测器的发射

1989年10月18日

伽利略号空间探测器搭乘亚特兰蒂斯号航天器飞入佛罗里达的天空，它的主要任务是研究木星及其卫星，它于6年后的1995年12月7日到达。除了成为第1台围绕木星的空间探测器，伽利略号也见证了1994年舒梅克-列维9号彗星与木星的碰撞。

供图：NASA

土星



土星环

2004年10月6日

土星29.7年绕太阳一周。在那期间，我们从地球看到的土星形态会改变两次。在这两次改变期间，我们是从侧面看土星环的，其他时候我们可以较清楚地看到其北半球或南半球。这幅高分辨率合成图像是用126张NASA的卡西尼号探测器拍摄的图片拼接起来的，描绘了土星南半球和土星环。

供图：马提亚斯·马尔默/卡西尼成像团队

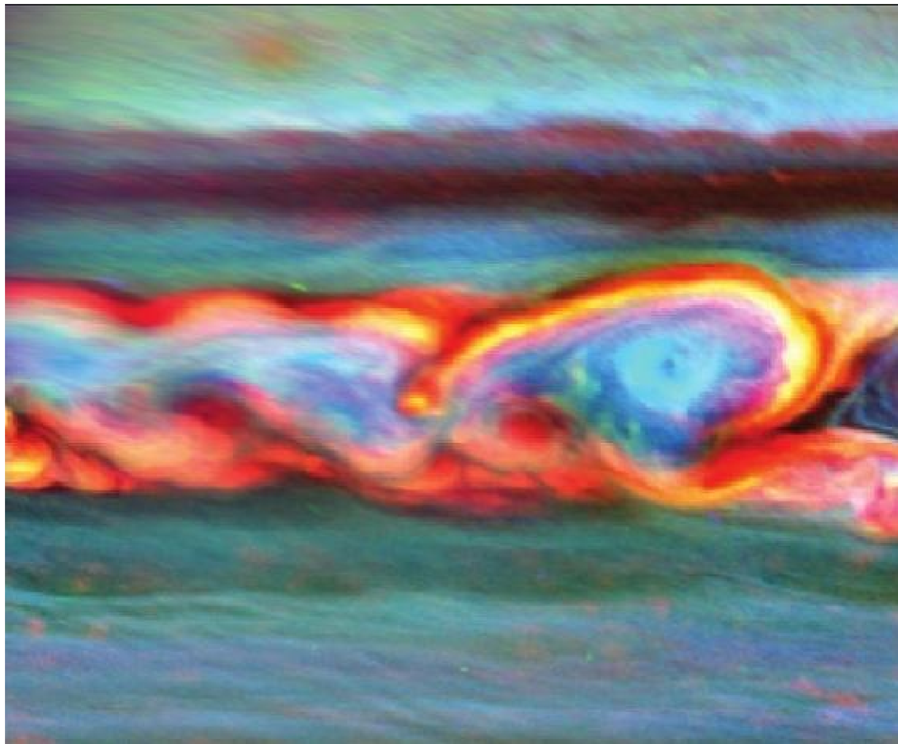


玫瑰花：土星北极的极涡

2012年11月27日

在这幅伪彩色图像中，红色表示低云，绿色表示高云。在土星北极旋转的巨大风暴就像一朵红玫瑰花—宽达2000千米，风速超过500千米/小时。这幅图片是NASA卡西尼号探测器上的狭角相机所拍摄的，这是第1次对这一极进行拍照。

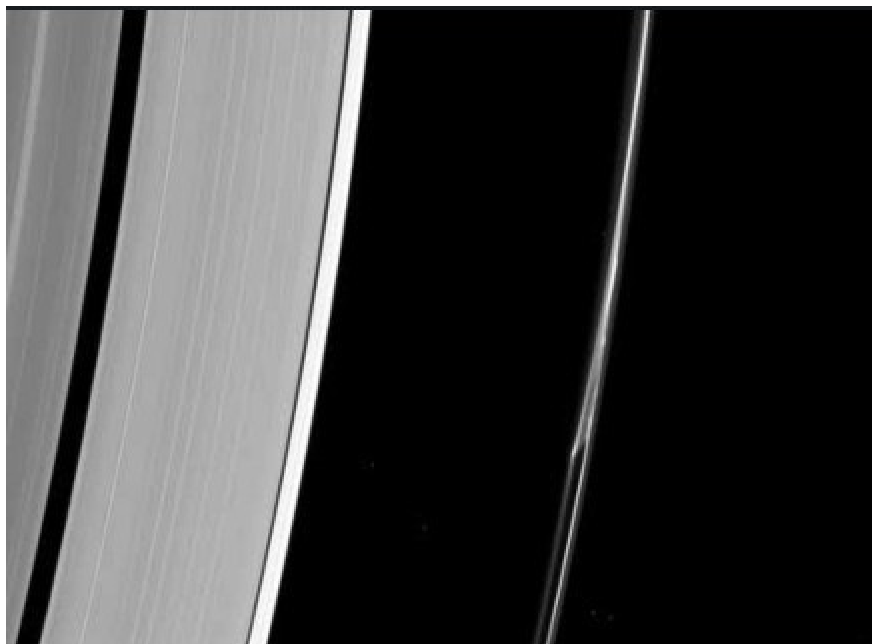
供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所



北边的风暴

2011年1月11日

这幅伪彩色图中的是由卡西尼号在2010年12月首次探测到的对流闪电风暴的前部，在近9个月时间里对流闪电风暴向西围绕这颗行星移动。它形成了一个横跨1.2万千米的旋涡并最终吞噬了自己。它绕了这颗行星完整的一圈（大约30万千米），然后撞到了自己的尾部。供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所/汉普顿大学

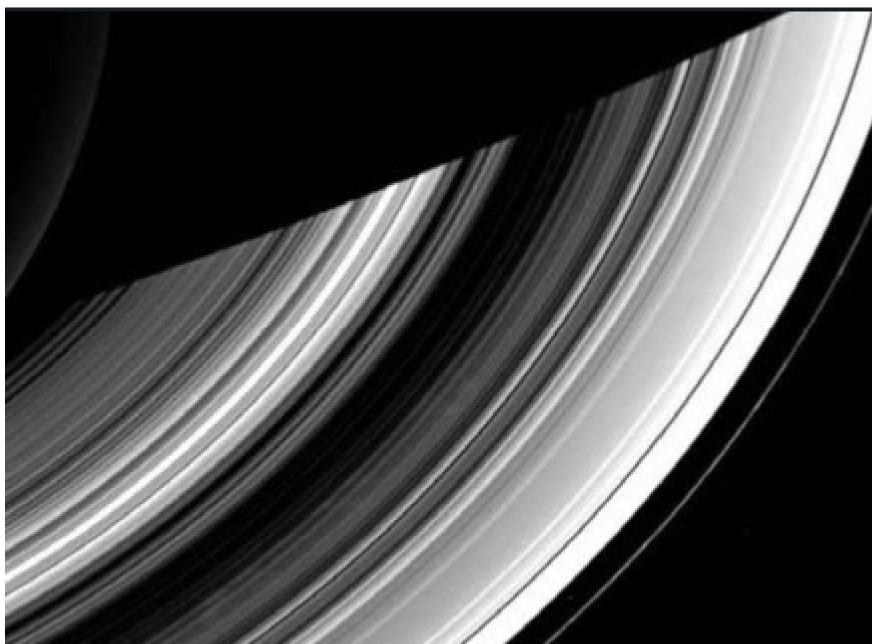


F环

2013年10月19日

这个最靠外的分立环距离土星中心大约14万千米，被两颗在环两边运动的“牧羊人”卫星普罗米修斯和潘多拉拢在一起。这幅卡西尼号拍摄的图像显示了从这个环剥离的一部分，可能是由于和一个小天体碰撞造成的。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所

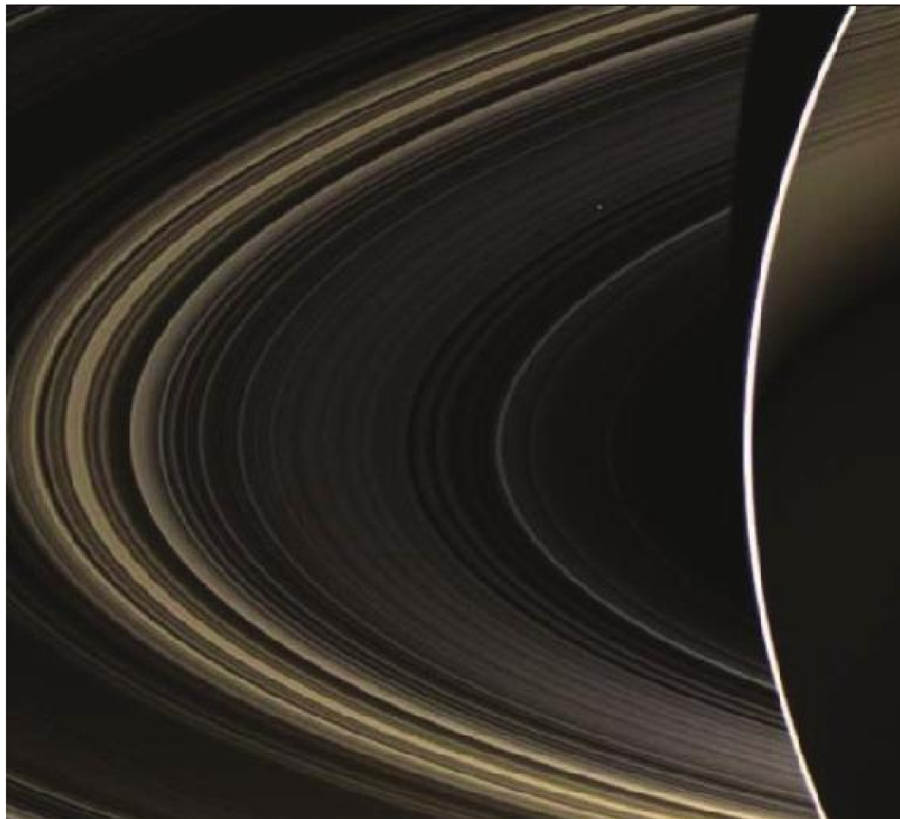


B环中的辐条

2012年12月20日

幽灵般的辐条—在这幅卡西尼号拍摄的图像中心较暗的区域中可见的细微的线，在B环中周期性地出现，通常就在离开土星阴影部分之后。它们延伸至1.6万千米长，但存在一两个小时即消失。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所

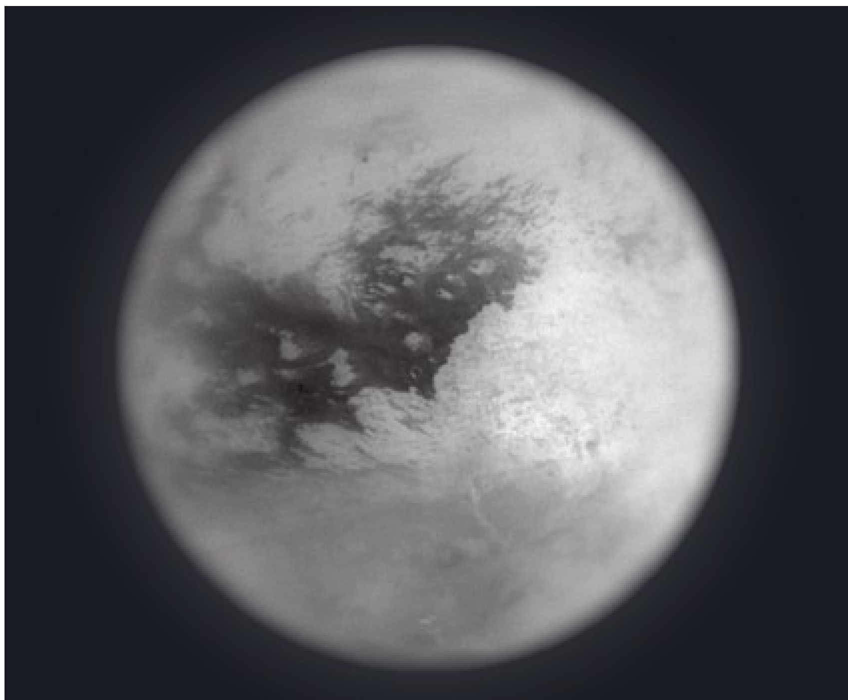


土星环的黑暗部分

2012年11月10日

这幅图右上部分环之间可见的亮点是金星，因为距离遥远因此只表现为一个亮点。这幅真彩色图像描绘了土星环未被照亮的一侧（某些地方仅有10米厚）在土星映衬下的轮廓。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所



泰坦（土卫六）

2004年10月26日

目前土星已知62颗卫星中最亮的是泰坦（土卫六）—直径5150千米，大小差不多是月球的两倍。泰坦拥有寒冷稠密的大气，在其表面有甲烷和乙烷湖。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所



瑞亚（土卫五）

2009年11月29日

土星的第二大卫星，直径1528千米，具有布满环形山的表面。人们认为瑞亚（土卫五）的核心可能主要是水冰，一些数据表明它有暗的环。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所



狄奥妮（土卫四）

2009年12月26日

这颗冰冻的卫星直径1123千米，是土星的第四大卫星—由于后随半球那些看起来纤细的特征而出名，它们是引人注目的深谷群、构造裂缝或峡谷。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所



忒堤斯（土卫三）

2009年10月14日

另一颗富含水冰的卫星忒堤斯（土卫三）直径1062千米，表面布满环形山。这座环形山称为佩内洛普，有207千米宽，在这张卡西尼号拍摄的图片上清晰可见。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所

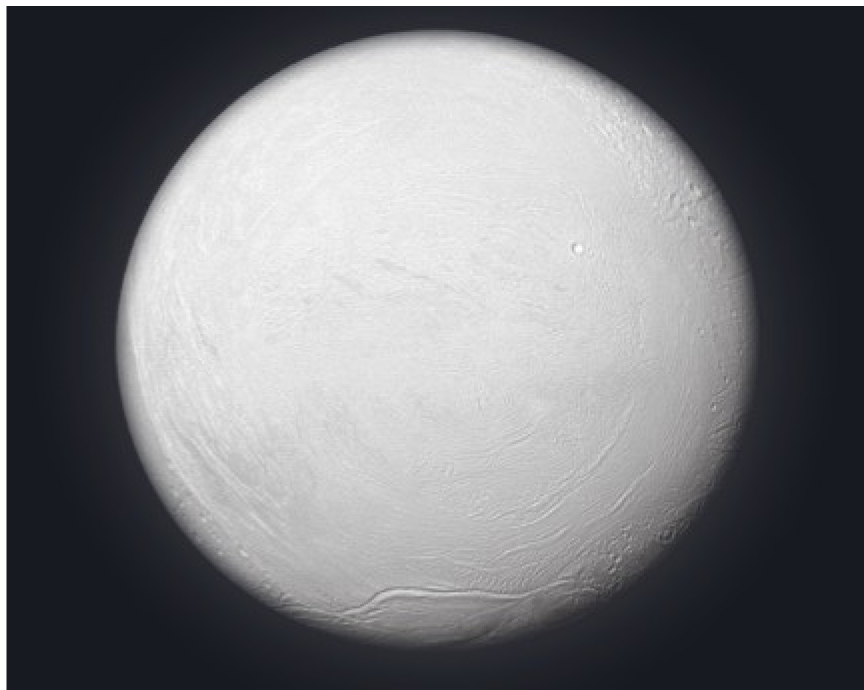


伊阿珀托斯（土卫八）

2007年9月10日

伊阿珀托斯直径1470千米，是土星的第3大卫星。伊阿珀托斯被撞击过的前导半球被深色有机物覆盖层污染。伊阿珀托斯也有一条明显的赤道山脊。

供图：NASA/JPL/SSI/AstroArts



恩刻拉多斯（土卫二）

2012年3月10日

土星第6大卫星，直径504千米，像一个雪球—它苍白的表面被冰雪覆盖，水蒸气和冰从它南边的裂缝中喷出。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所

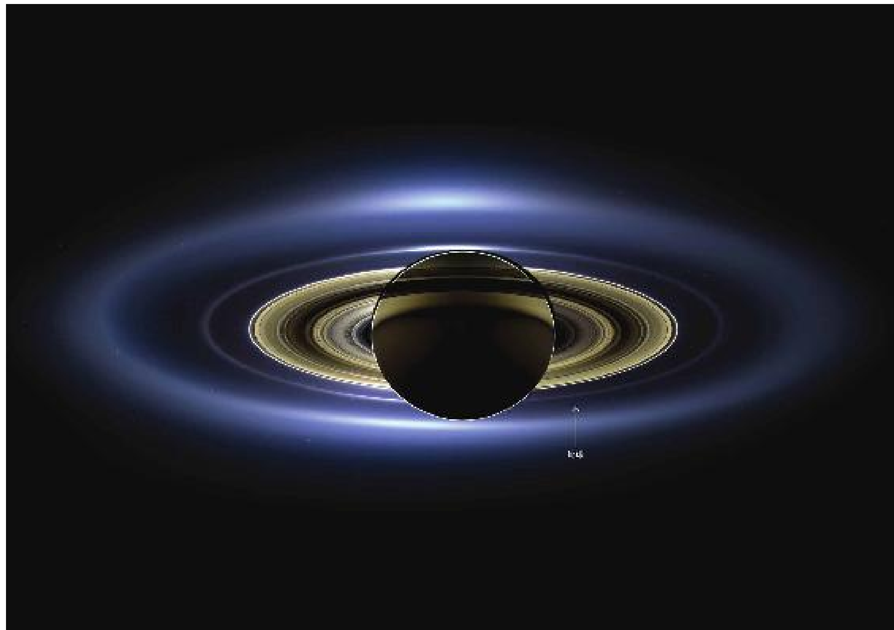


弥玛斯（土卫一）

2010年2月13日

一个名为赫歇尔的130千米宽的环形山占据了直径396千米的弥玛斯（土卫一）表面的很大一部分。这座环形山有10千米深，其中心峰比环形山底部高出6千米。

供图：NASA/JPL/空间科学研究所（卡西尼号）

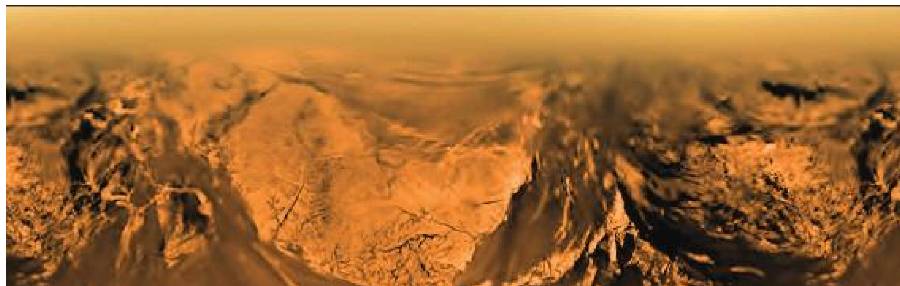


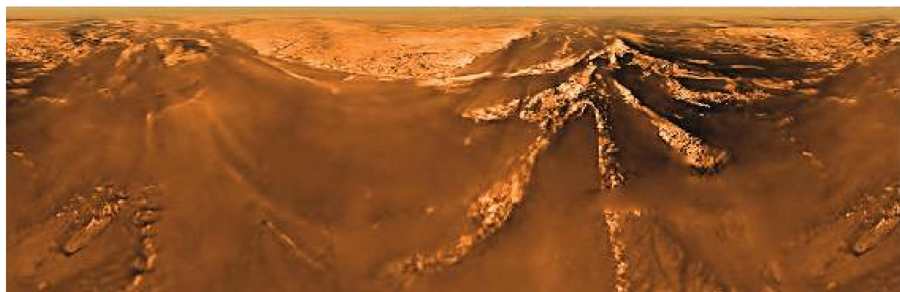
地球微笑入镜的那天

2013年7月19日

NASA的卡西尼号探测器利用土星阴影的保护免受有害阳光的影响，拍摄了一系列图片，将其中141张合并得到了这张非比寻常的拼接图片。除了美丽清晰的土星环，还可以看到土星的7颗卫星以及金星、火星，甚至可以在图中右边土星环下方看到地球。

供图：NASA/JPL-Caltech/空间科学研究所





泰坦（土卫六）表面

2005年1月14日

卡西尼号探测器运载的欧洲空间局惠更斯探测器，在其下降穿过泰坦卫星富含氮的大气时获取数据并制作了这幅泰坦表面的墨卡托投影图。这些复合图像描绘了被甲烷河流侵蚀的崎岖地貌，包括由深色的碳氢化合物沙丘区域形成的条纹。

供图：EAS/NASA/JPL/亚利桑那大学



弥玛斯上的赫歇尔环形山

2010年2月13日

土星最小的椭球体卫星表面上130千米宽的环形山是在一次撞击中形成的。这次撞击如果再剧烈一些，可能会摧毁这颗卫星。这幅卡西尼号拍摄的伪彩色图像显示了环形山内部蓝色物质和其他地方绿色色调的岩石之间的差异，这说明可能存在成分差异。

供图：卡西尼号成像团队/ISS/JPL/ESA/NASA



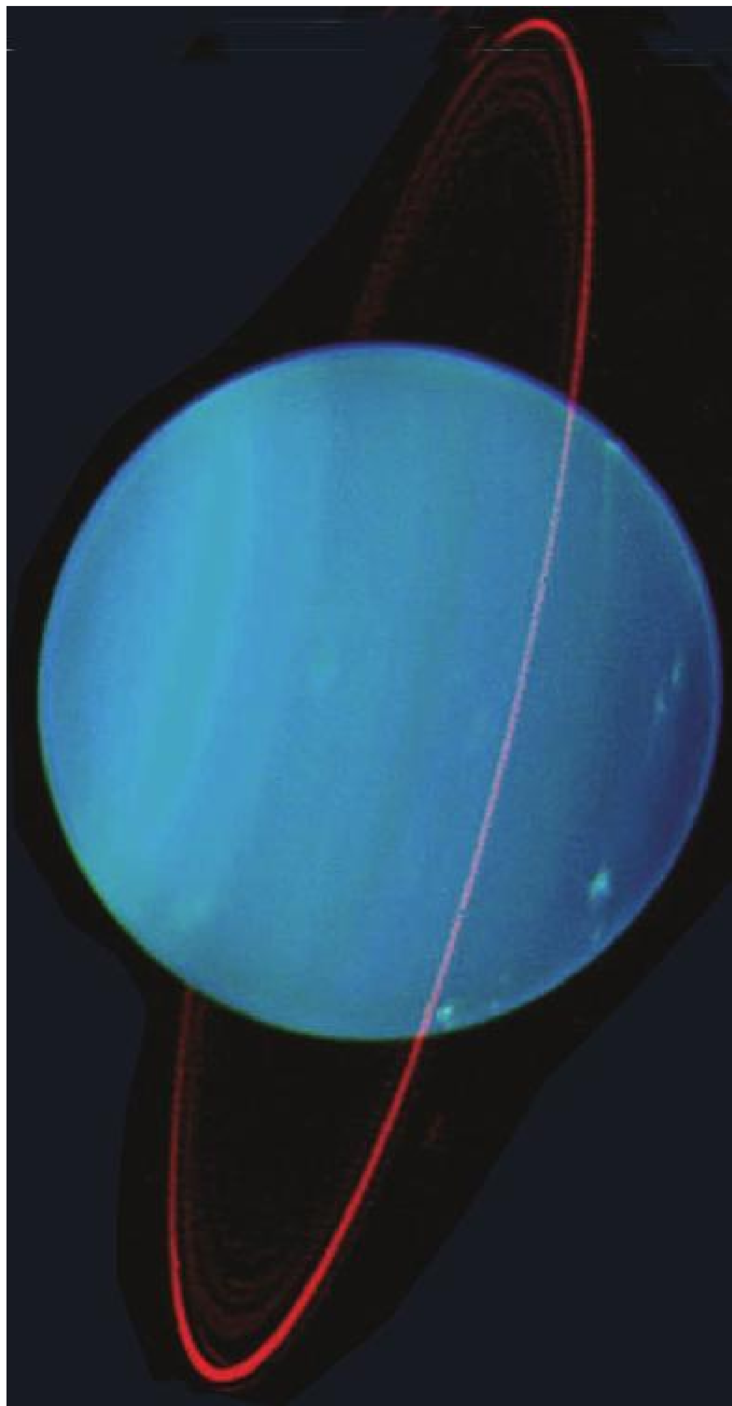
卡西尼号准备发射

1997年7月22日

NASA的卡西尼号探测器是1997年10月发射的， 2004年到达土星。它前4年的任务包括把欧洲空间局的惠更斯探测器部署到泰坦（土卫六）表面。

供图：NASA

天王星和海王星



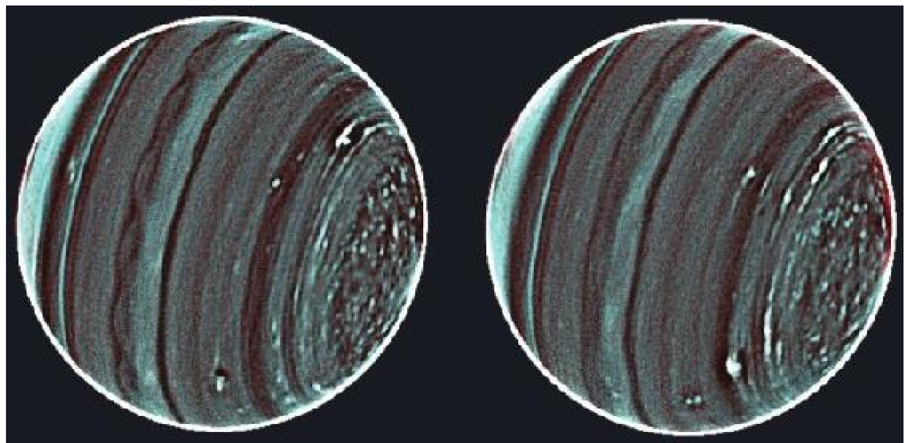
天王星的倾斜

2004年7月11—12日

在夏威夷的10米口径凯克望远镜拍摄的图像中，清晰显示了天王星的环及其97.77度的轴向倾角。这个倾角可能是天王星早期与一个大天体碰撞导致的。由于这个倾角和这颗行星的长轨道

周期—84地球年，导致其每个半球都会在黑暗中度过很长一段时间。如图所示，左边的北半球在进入光明期，南半球明亮的白色和蓝色小块是大气层上方的云。

供图：加利福尼亚天文研究协会/科学照片图书馆

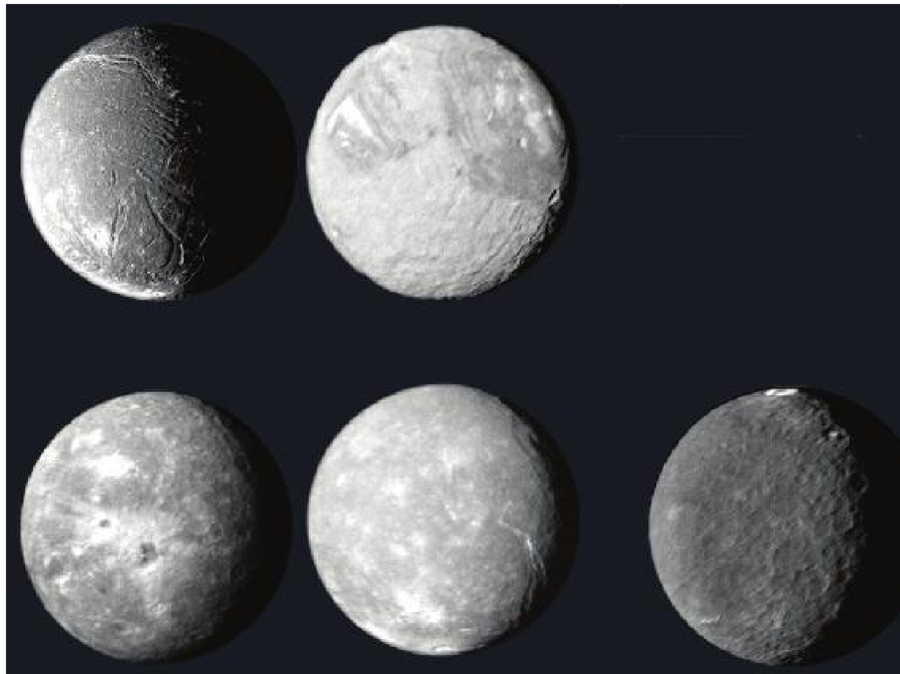


天王星大气的细节

2012年7月25—26日

在夏威夷的凯克II望远镜拍摄的这两张图片中，增强的对比度揭示了新的细节，包括北极（最右边）的一群对流风暴以及赤道附近独特的带有圆齿的云带。

供图：劳伦斯·斯诺莫夫斯基，帕特·弗里， 海迪·哈默尔，埃姆克·德·皮特/威斯康辛大学麦迪逊分校

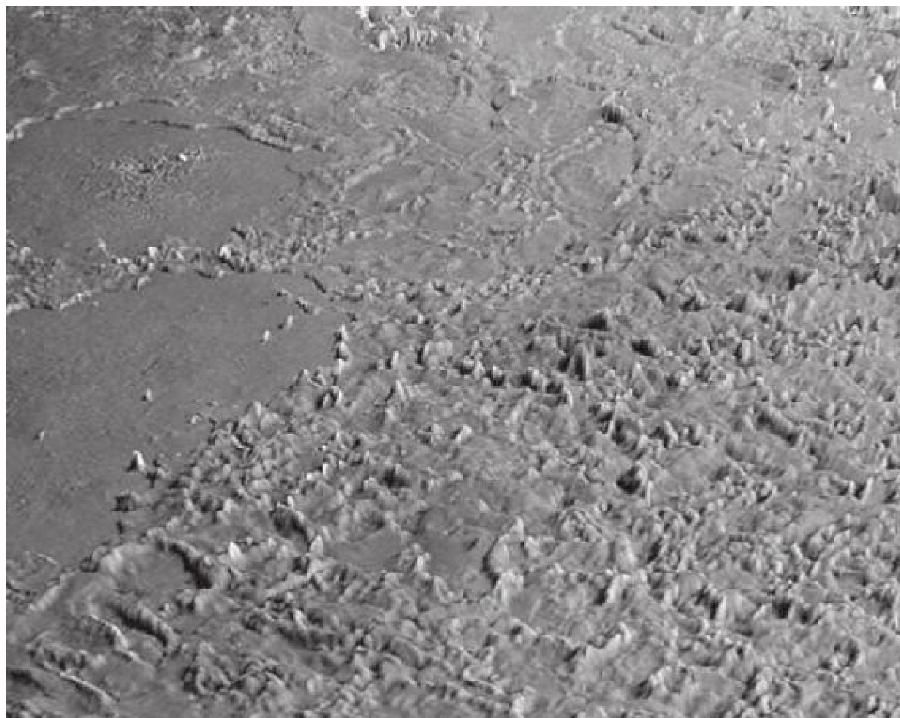


天王星的卫星

1986年1月24日

旅行者2号拍摄到了天王星的所有5颗椭球体卫星—从左上开始：阿丽尔（天卫一）、米兰达（天卫五）、奥伯龙（天卫四）、泰坦尼亚（天卫三，最大的卫星）和昂布瑞尔（天卫二）。

供图：NASA/JPL

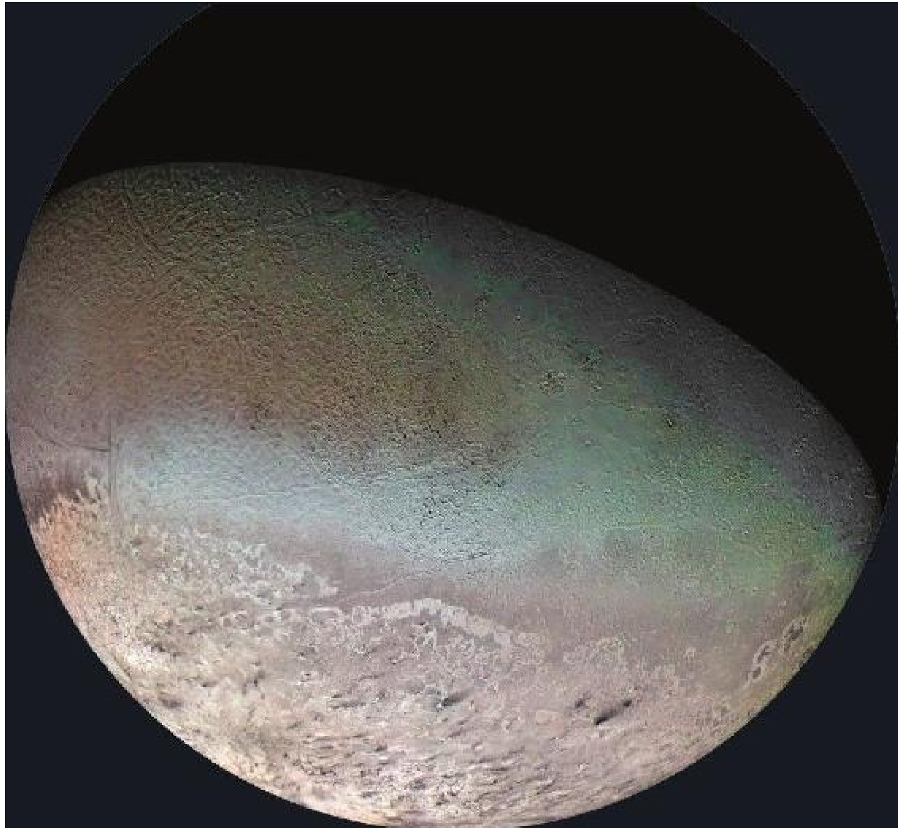


特里同（海卫一）的火山平原

1989年8月24日

特里同表面的这幅图片是用旅行者2号飞越时的地形数据制作的，地形被夸大了25倍。图片用反色显示了看起来像“哈密瓜”的崎岖地形；前景山丘是壳层屈曲，是从表面喷出的挤入构造（上升的冰块）。特里同的表面布满了断层、火山坑和熔岩流，火山可能仍然是活跃的。

供图：NASA/JPL/大学空间研究协会/月球和行星研究所·98·

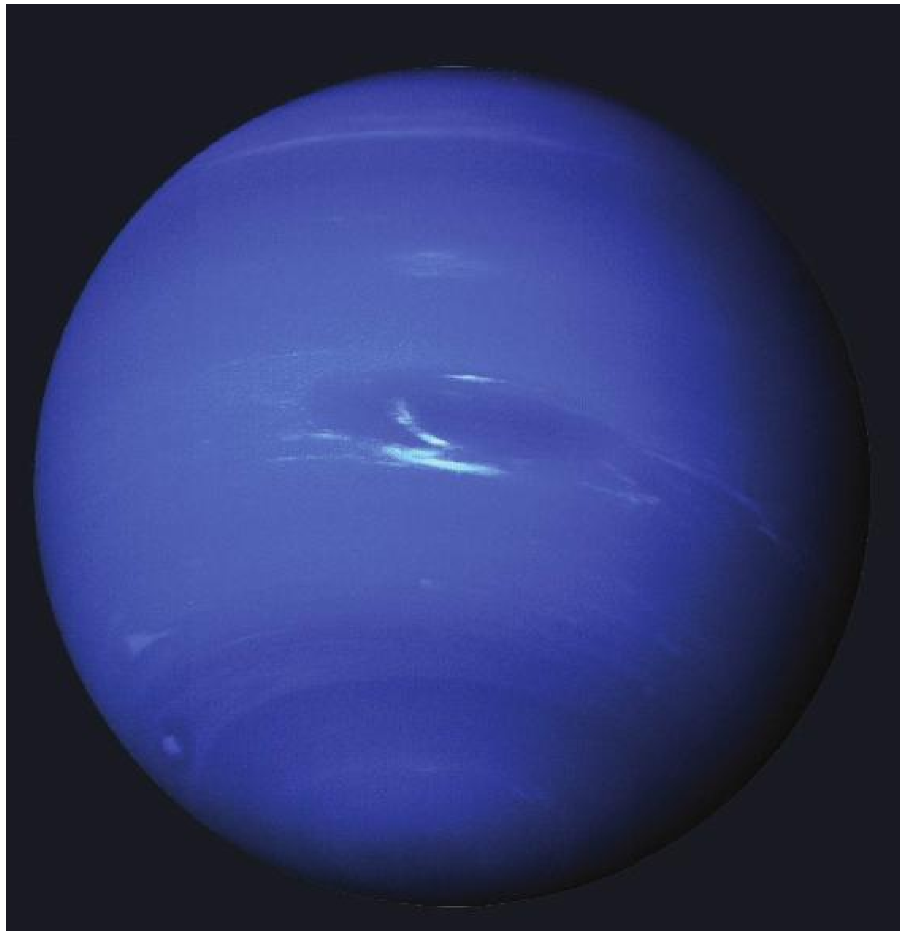


特里同（海卫一）

1989年8月25日

这幅由旅行者2号拍摄的图片制作的拼接图片中的合成颜色突出了特里同各种各样的表面特征，包括南极冠的粉色沉积物，据说其中含有甲烷冰。

供图：NASA/JPL/美国地质勘探局

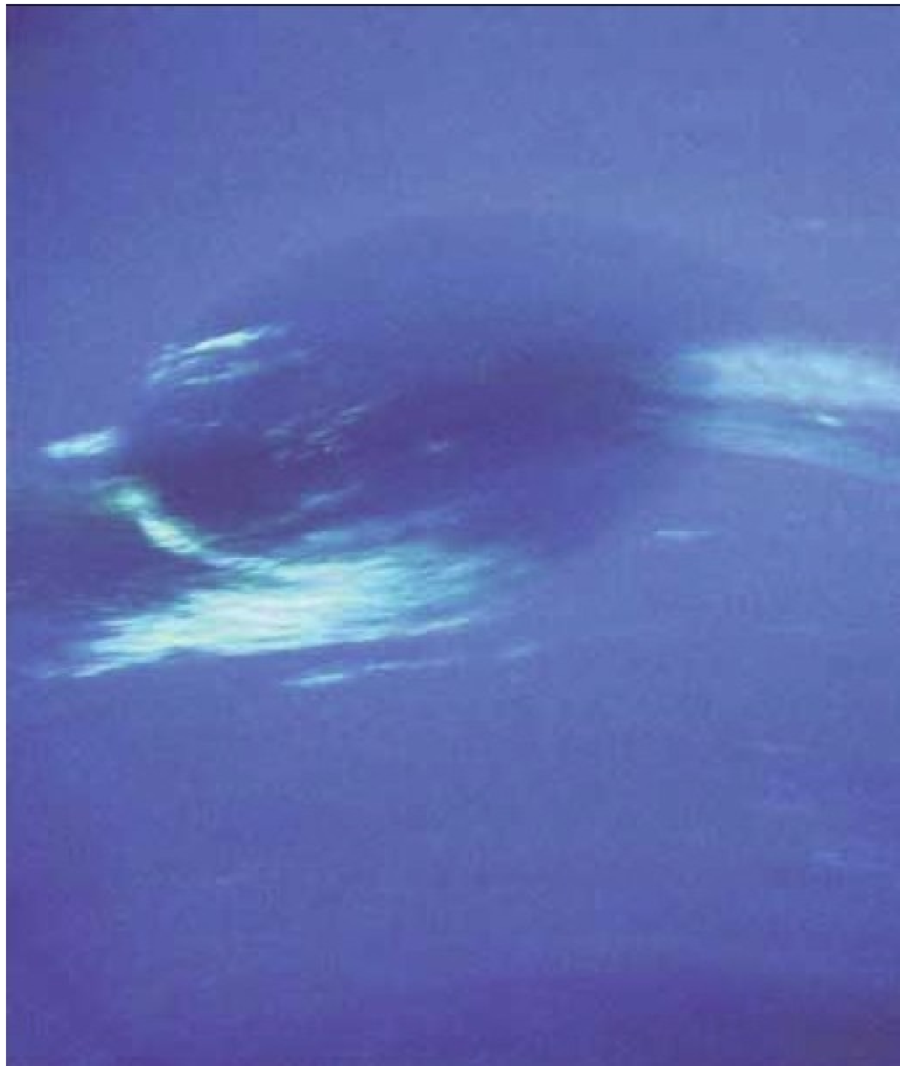


海王星

1989年8月20日

原本预期会发现一个寒冷、静止的世界，所以科学家才会对这样的一张图片感到吃惊。这张旅行者2号探测器在离开太阳系前的飞越途中拍摄的图片，显示了海王星湍动的大气正经历着巨大的风暴，风速达每小时2400千米—这是在所有行星或卫星上观测到的最强的风。

供图：NASA

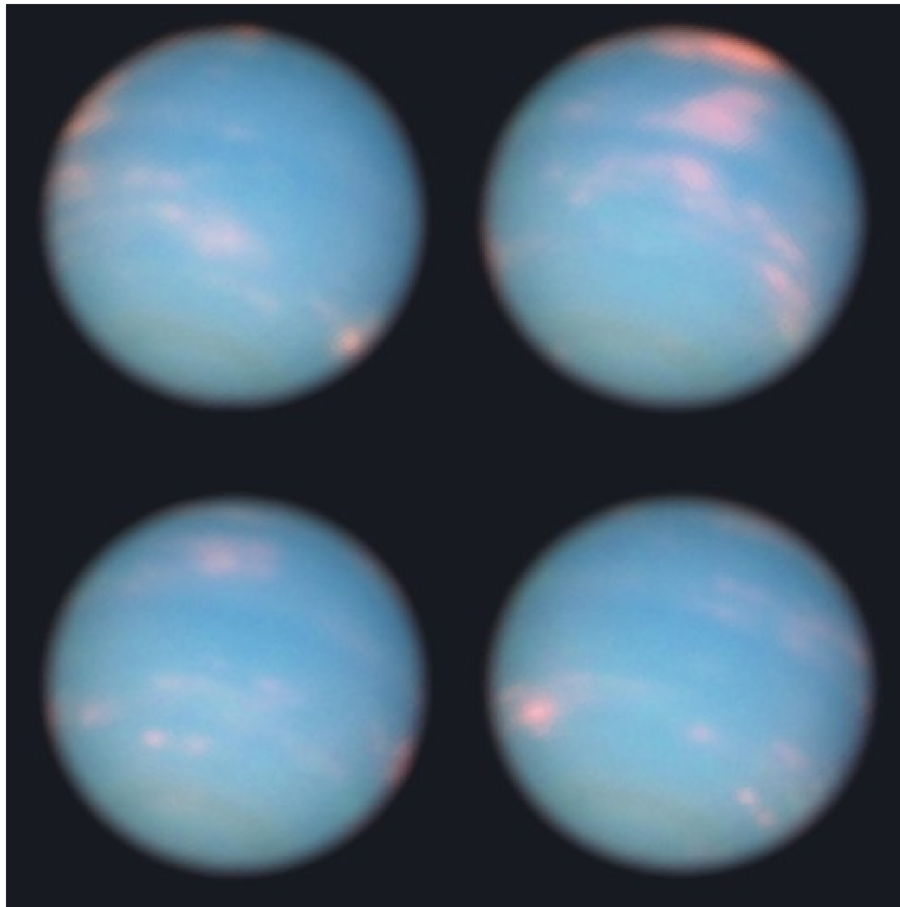


大暗斑

1989年8月25日

旅行者2号传回的图片显示了一个反气旋风暴，长度达1.3万千米，逆时针旋转，以将近1200千米每小时的速度向西运动。但是和木星上的大红斑不同，这个大暗斑不是长期存在的—哈勃空间望远镜后来发现这些风暴相对频繁地在海王星上出现和消失。

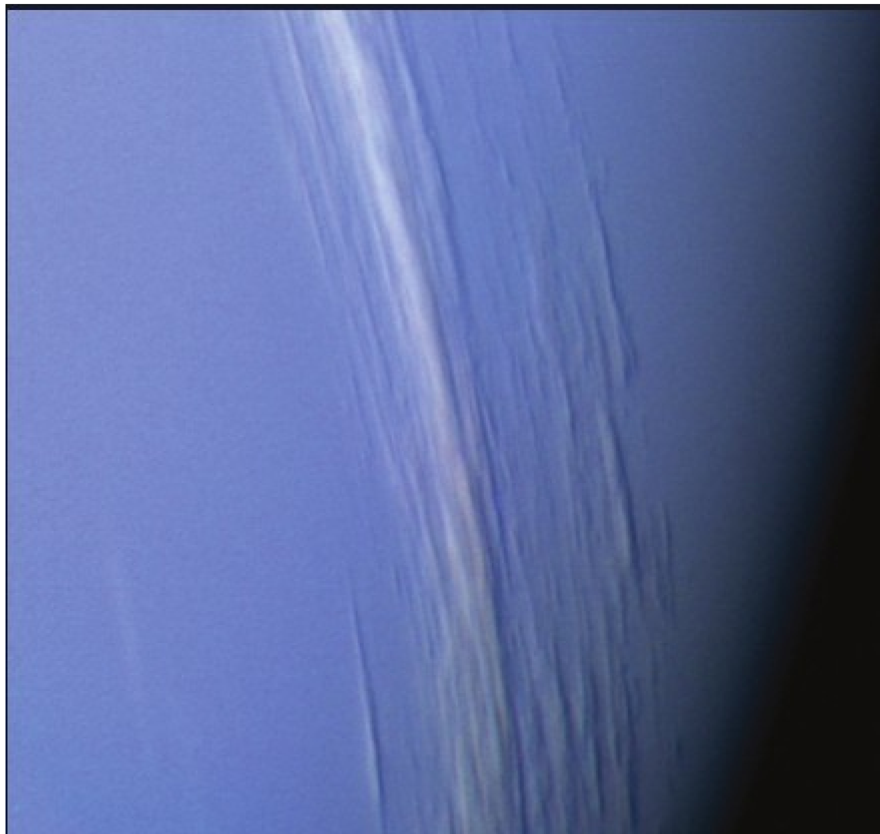
供图：NASA/JPL



海王星上空的白色云

2011年6月25—26日

NASA的哈勃空间望远镜在16小时的时间段里每隔4小时拍摄的这些图片显示了一次完整的海王星转动。它们揭示了高处的甲烷冰晶云，显示为粉红色，因为它们反射了近红外光。供图：NASA/ESA/哈勃遗产团队（空间望远镜科学研究所/大学空间研究协会）

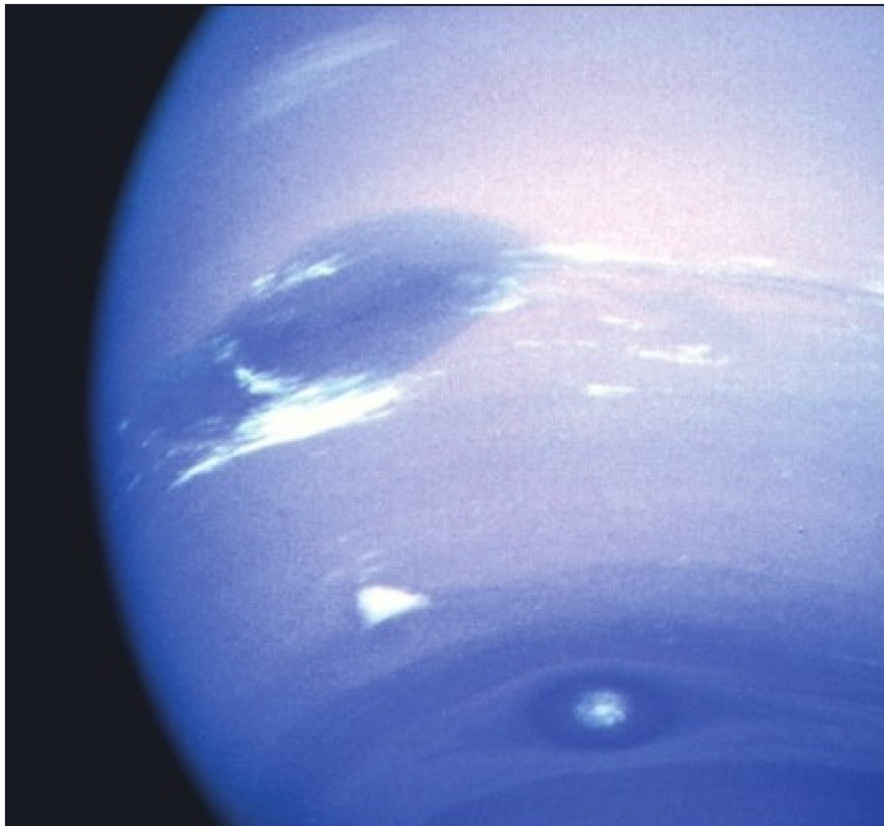


海王星上空的条状云

1989年8月25日

旅行者2号拍摄了长条状云的图片。这些云和地球上看到的卷云结构类似，沿纬度不变的方向延伸数百千米。这幅图显示了云中的垂向形态，一些云升到了底部云层上方50千米。

供图：NASA/JPL/《行星照片》杂志·102·

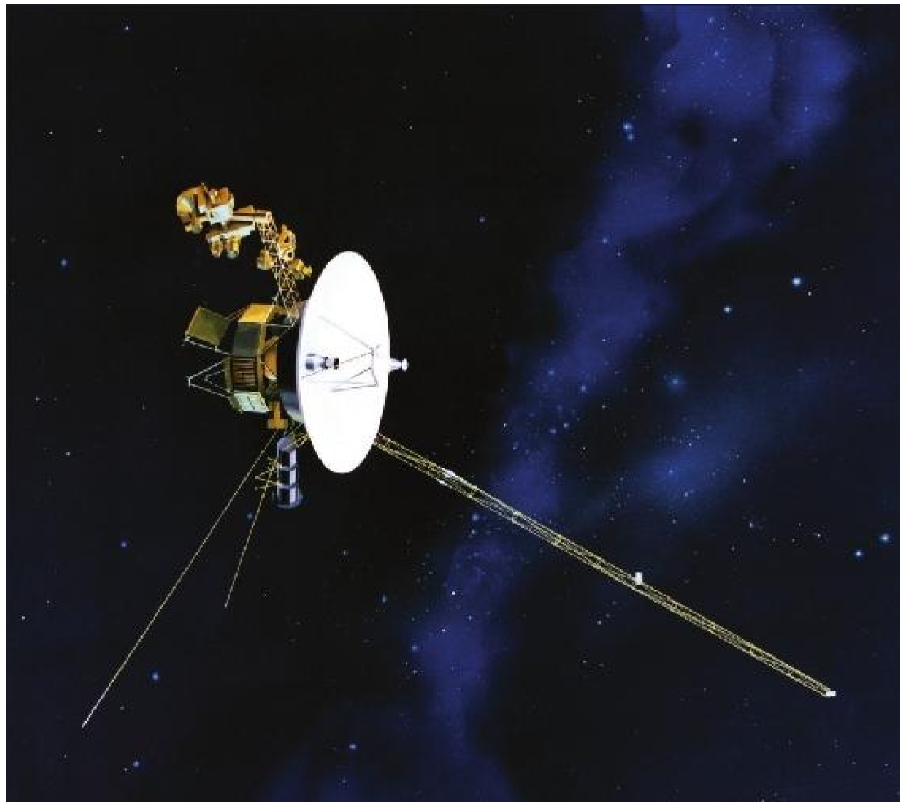


滑板车和斑点

1989年8月24日

大暗斑和下面的小暗斑之间的明亮图案被命名为滑板车，因为它在表面上快速移动。

供图：NASA/旅行者2号团队



旅行者号

两台旅行者号探测器（图中描绘的是旅行者1号）于1977年发射，最初的任务是访问木星和土星。旅行者2号1986年飞越了天王星，1989年飞越了海王星。而旅行者1号在2012年8月25日进入了星际空间。它飞离地球的距离比任何其他人造航天器都远，并将继续工作到2025年，那时它的放射性同位素热电机的功率会下降到不足以驱动它的设备。

供图：NASA

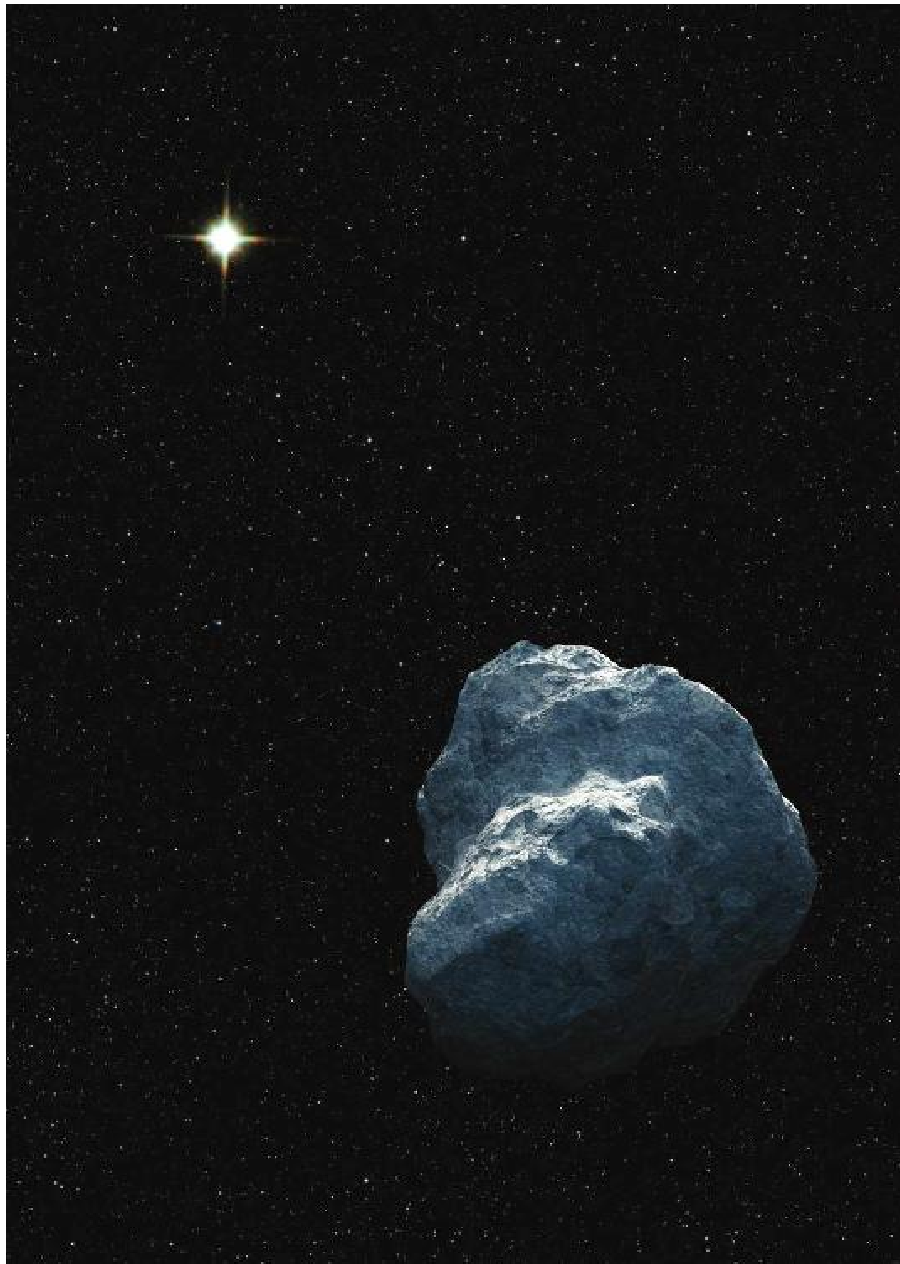
柯伊伯带及其以外



艺术家对创神星的想象图

由美国加州理工学院于2002年发现的矮行星，创神星每288年在65亿千米外绕太阳运动一周。在发现的时候，创神星成了自1930年冥王星发现以来太阳系中发现的最远天体。创神星的直径现在估计为1074千米，大约是地球的1/12。

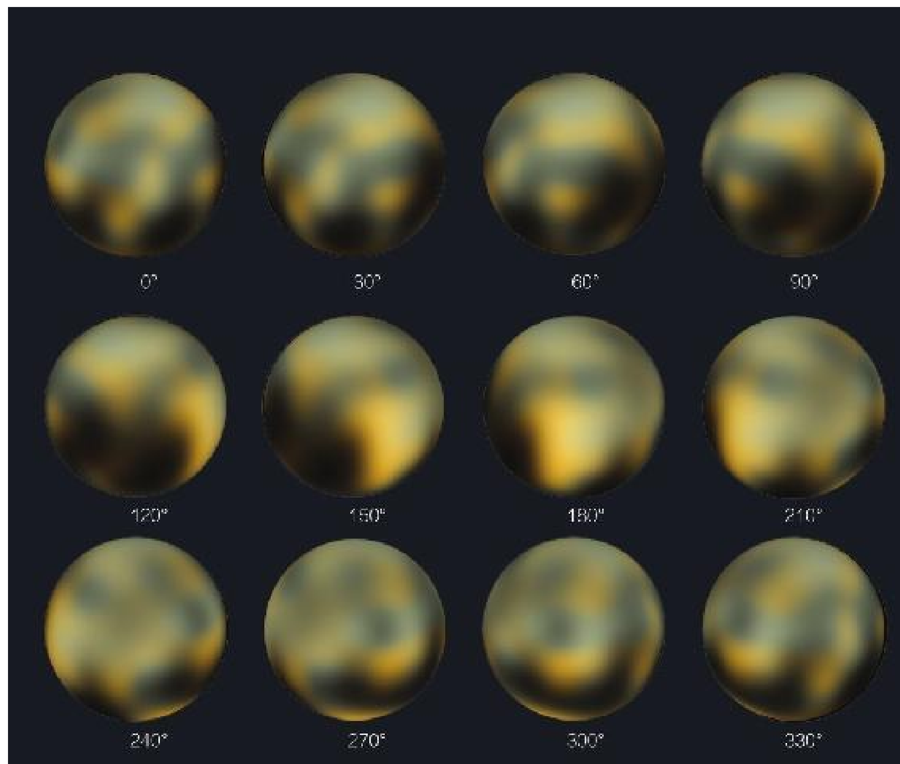
供图：Science@NASA



海王星外天体

这块太阳系残骸—如艺术家所画—是海王星外天体的一个例子。这些天体大小从40千米到100千米不等。远处发光的恒星是从超过48亿千米的地方看到的太阳。

供图：NASA

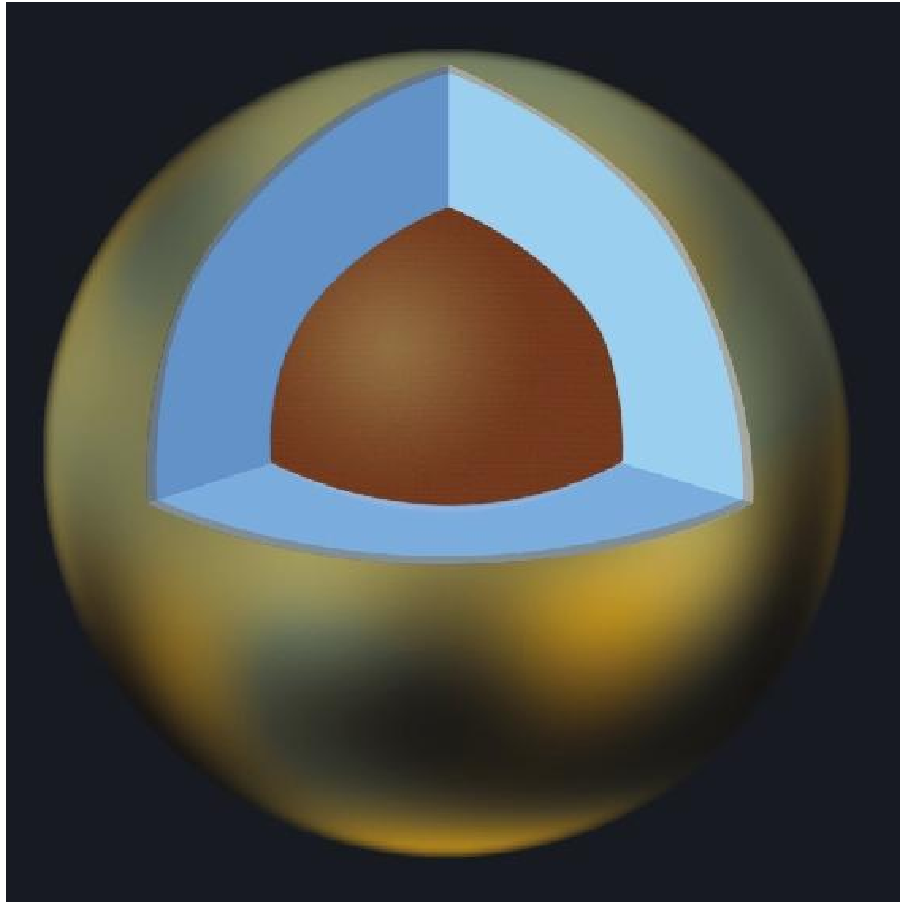


从各个角度看到的冥王星

2002年3月

这12幅图是用NASA的哈勃空间望远镜在2002年和2003年间拍摄的多幅图片编辑得到的，其揭示了冥王星的整个表面。它最初在1930年被发现时被宣布为第9颗行星。2006年它没能满足新的行星的定义，被重新分类为矮行星。

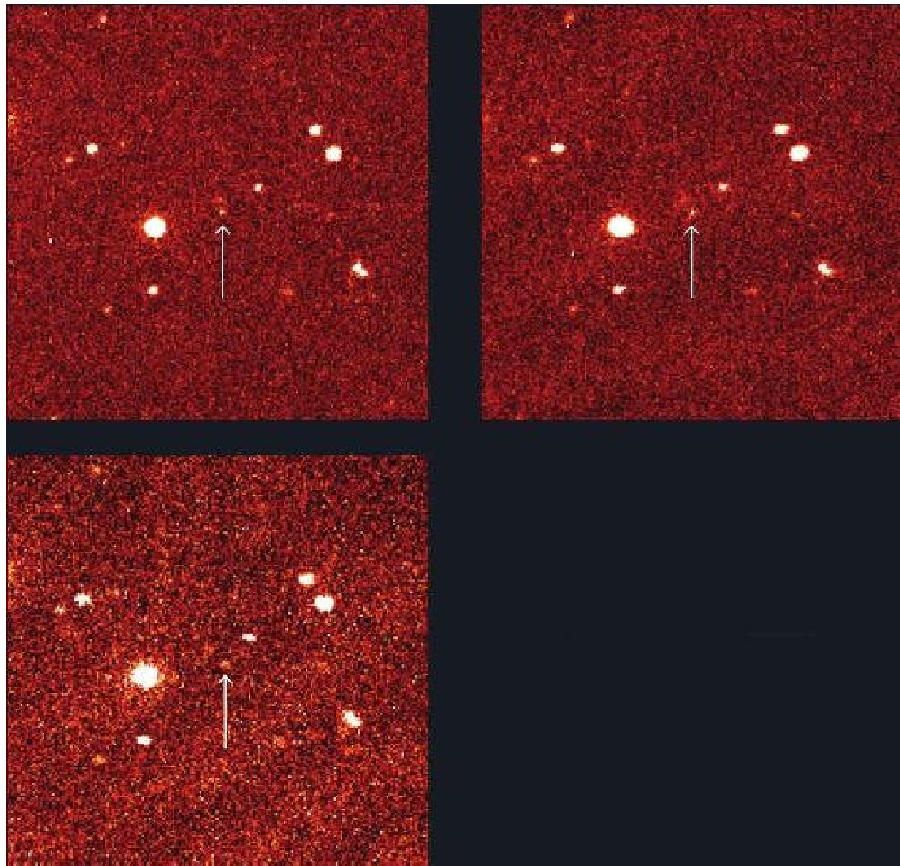
供图：NASA



冥王星内部

这幅冥王星的截面图显示了这颗矮行星的核、幔和壳。哈勃空间望远镜的观测表明，冥王星内部由50%~70%的岩石和30%~50%的冰组成。冥王星的温度依赖于其在轨道上的位置。冥王星表面被认为是太阳系中最冷的地方，大约为零下225摄氏度。

供图：科学源头/科学照片图书馆

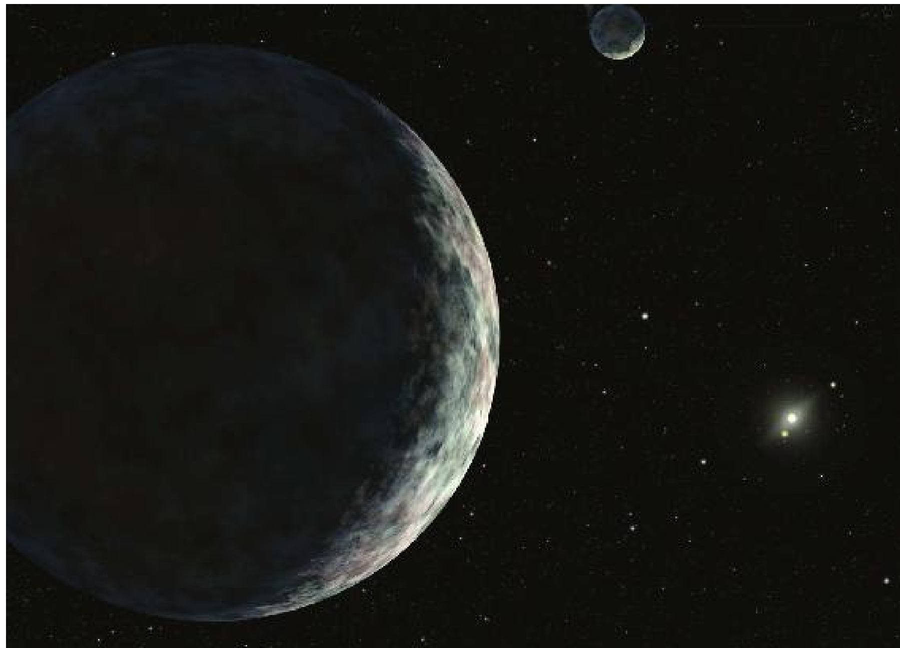


赛德娜星首次亮相

2003年11月14日

这3张照片代表了赛德娜星的发现。箭头所指的这个暗点是这颗类似冥王星的矮行星，是通过它在这3张图片上微小的位置变化确认的。估计赛德娜星绕太阳一周需要大约1.05万年。

供图：NASA/加州理工学院



矮行星阋神星（厄里斯）及其卫星戴丝诺米娅（阋卫一）

阋神星发现于2005年，是太阳系已知最大的矮行星。它比冥王星大1/4。在发现后1年它和冥王星被重新分类为矮行星，在那之前它被看作是第10大行星。这幅艺术家的想象图包括了戴丝诺米娅（阋卫一）—阋神星已知的唯一卫星。远处的恒星是太阳，在阋神星的轨道上，它可能远达160亿千米。

供图：加州理工学院/NASA

外面是什么



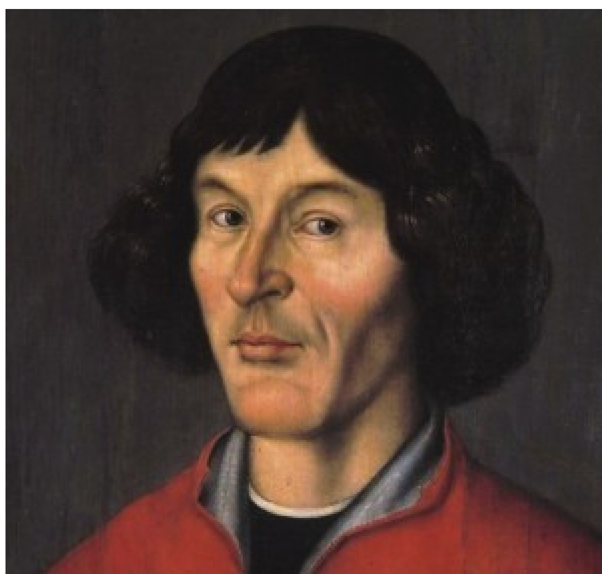
猎户座星云中的弓形激波

1995年2月

来自年轻恒星LLOri的星风形成了这个弓形激波—来自恒星的带电粒子碰到一块稠密气体云时产生的一个三维波。哈勃空间望远镜拍摄的这幅图显示了猎户座大星云边缘的一个区域—大约1300光年远。它为我们自己的太阳风的弓形激波在广阔的星际空间看起来可能是什么样子提供了线索。

供图：NASA/哈勃遗产团队（空间望远镜科学研究所/大学空间研究协会）

译者后记：仰望星空，脚踏实地



哥白尼



伽利略

随着望远镜口径的增大，人类能看到越来越暗弱的天体，越来越多太阳系天体被人类所知。20世纪物理学和技术的发展也为人类打开了越来越多的频率窗口，天文学研究不再局限于可见光波段，而射电望远镜帮人类发现了很多有趣的天体，这其中就包括脉冲星，这种周期非常准确的天体能用于验证广义相对论，未来也能用于导航和引力波探测。除了发现太阳系外的天体，射电望远镜对于增进人类对太阳系的认识也功不可没。天文学家用美国的阿雷西博望远镜测定了水星自转，发现其自转周期和公转周期并不如理论预计的那样相等。阿雷西博望远镜还测定了金星被浓密大气覆盖的表面的地形图以及小行星的形状。这差不多算是射电望远镜的独门绝技了。



蟹状星云脉冲星的光学、X射线复合图像

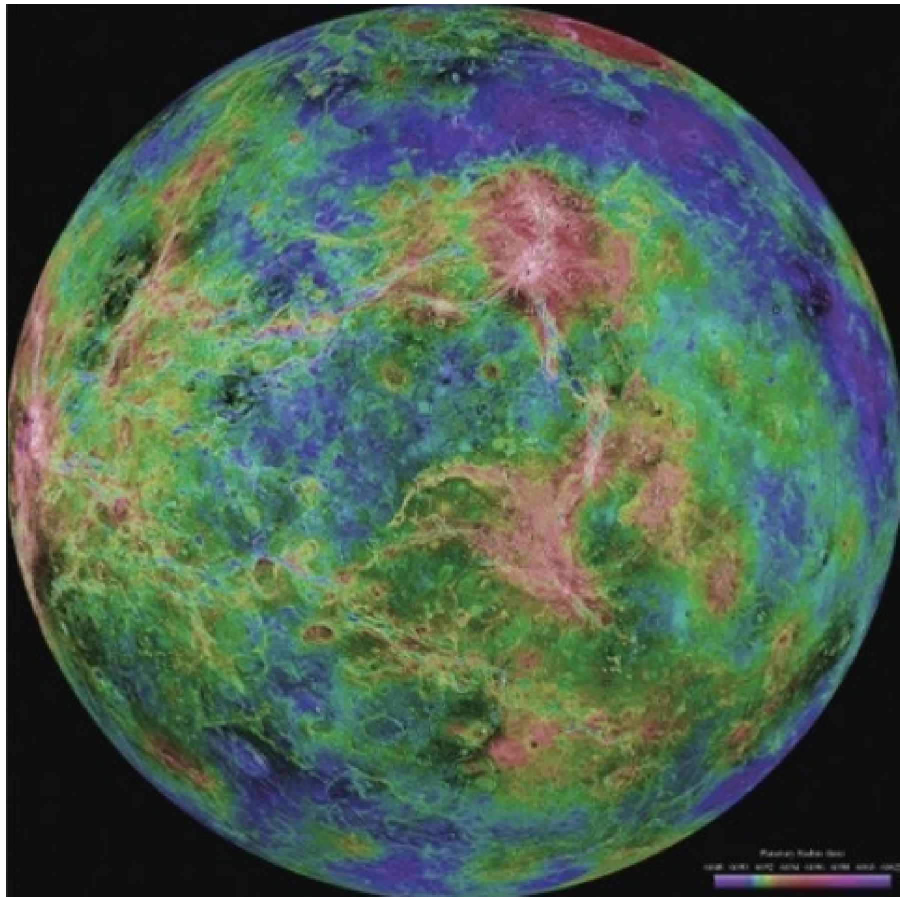
射电望远镜就像人类在射电波段的眼睛。射电波比可见光波长长很多，肉眼看不到射电波。和肉眼一样，射电望远镜用反射面聚集射电波，类似于晶状体；射电望远镜用接收机接收信号，就像视网膜；而之后信号由电缆和光纤传到数据处理系统，就像神经把信号传到大脑。



阿雷西博望远镜馈源平台



被浓密大气覆盖的金星，在光学和紫外波段看不到表面



结合麦哲伦卫星和阿雷西博望远镜雷达观测数据得到的金星表面图像



FAST望远镜

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 太阳系结构
8. 太阳系历史
9. 地球和月球
10. 太阳
11. 水星
12. 金星
13. 火星
14. 小行星带
15. 木星
16. 土星
17. 天王星和海王星
18. 柯伊伯带及其以外
19. 外面是什么
20. 译者后记：仰望星空，脚踏实地

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文

BBC

BBC夜空探索

VOLUME 1

Hotshots

181 STUNNING IMAGES OF THE COSMOS

天文摄影

鉴赏与指南

[英] BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*) 杂志 编

王岚 译

宇宙是一个瑰丽的地方，不论是极光还是星系，是行星还是星云，是旋涡的形状还是瑰丽的色彩，夜空中的一切都在企盼着被捕捉、被记录！


中国工信出版集团


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

BBC夜空探索

天文摄影鉴赏与指南

[英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志　编
王岚　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（ClP）数据
天文摄影鉴赏与指南/英国BBC《仰望夜空》杂志；王岚译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50072-4
I.①天… II.①英…②王… III.①天文摄影 IV.①P123.1
中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第251370号
版权声明
Sky at Night: Hotshots 181 stunning images of the cosmos
Originally published in the English language by Immediate Media Co.Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co.Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © POSTS & TELECOM PRESS Co.,LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence BBC logo © BBC 1996.
◆编 [英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 王岚
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：7 2019年8月第1版
字数：206千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3881号
定价：49.00元
读者服务热线：（010）81055410 印装质量热线：（010）81055316
反盗版热线：（010）81055315

广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
夜景
天体摄影教程夜光云
极光
天体摄影教程捕捉极光
太阳
天体摄影教程太阳的自转
月亮
天体摄影教程新月的拼接照片
行星和彗星
天体摄影教程拍摄大冲时的火星
恒星和星云
天体摄影教程猎户座星云
星系
天体摄影教程用单反相机拍摄M31
译者后记：星空摄影和科普，天文学博士的殊途同归

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要内容包含了181张由业余天文爱好者用高速行星相机、望远镜、赤道仪、滤光片等设备拍摄的珍贵精美的照片，展示了宇宙中迷人的美景。同时，书中还介绍了《仰望夜空》杂志的嘉宾皮特·劳伦斯的天体摄影教程。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



宇宙是一个瑰丽的地方，不论是极光还是星系，是行星还是星云，是旋涡的形状还是瑰丽的色彩，夜空中的一切都在企盼着被捕捉、被记录。也正因为如此，意料之中，全世界的业余天文学家们都在致力于为天体的各种奇妙景象拍摄美丽的照片。

每个月，BBC《仰望夜空》杂志都会精选出一些精美的天文照片放在星空热图专栏里面做特别介绍。这些照片的出处将在本书后面一一道来。每个月这些业余天文学家极尽所能地利用他们的相机、望远镜捕捉宇宙中绚烂的色彩、神奇的细节，并将它们带到我们面前，给我们惊喜。将每期的这些优秀照片编纂在一起，想想都让人倍感兴奋。

尽管在这些天文摄影当中有时确实会用到一些比较专业的设备，譬如，这里的某些图像用到了高速行星相机、赤道仪和滤光片轮，甚至有些还用到了专门的太阳望远镜。然而这里大多数的照片在拍摄时，

用的都是未经改造的单反相机。

有的相机甚至已经使用了10年以上。其中还有一幅是用手机拍摄的。

本书还包括了《仰望夜空》杂志的嘉宾皮特·劳伦斯的教程。他将为大家示范该如何设置相机，以抓拍到夜空中一些最为大众喜爱的天文目

标。

因此，如果后面的内容中的某些图像给你带来了拍摄灵感，就请你也亲自去尝试一下吧。你仅需一台相机、晴朗黑暗的夜空，以及一点点相关的知识。



克里斯·布拉姆斯

BBC《仰望夜空》杂志编辑



夜景

由于拍摄夜景时不需要借助什么特殊的设备，所以它是天文摄影的理想入门题材。当然，如果你能找到一台在高感光度（ISO）时性能不错的相机和一枚大光圈足够快的广角镜头则更好。但即使你手中仅有一台傻瓜相机或是智能手机，只要它们快门可以长时间开启就可以用来拍摄夜景。现在的智能手机上添加的手动相机控制选项就可以实现这个功能。为你的相机安装上一副三脚架后，你就可以拍摄流星、夜光云、星轨、银河系等。

本·威尔克斯，英国索利哈尔，2014年8月

本说：“我对这张照片真的很满意，因为这是我第一次认真地尝试去拍摄星轨，我非常喜欢这张照片所捕捉到的每颗恒星的颜色。”

器材：佳能EOS 600D单反相机。





夜光云

克里斯·威廉姆斯，英国安格尔西岛，2013年5月30日

克里斯说：“有一次我在iPad上读BBC的《仰望夜空》杂志时，看到了一篇皮特·劳伦斯写的关于夜光云的文章。这让我想起那次在安格尔西岛的彭蒙点眺望爱尔兰海时拍摄到的这张照片。”

器材：索尼A99单反相机，美能达100mm F2.8微距镜头。



猎户座腰带

杰姆斯·卡德，英国利斯本，2014年11月23日

杰姆斯说：“我本来打算早早起床拍摄猎户座，但是当天我却睡过了头。当我拍摄的时候，这个星座已经开始往森林后面下降。但拍出来的结果还是很让我满意的，尤其是还拍摄到了猎户座腰带上的恒星参宿一旁边的那片朦胧的星云。”

器材：佳能EOS 5D MK III单反相机，佳能70-200mm F4变焦镜头，焦距为159mm，光圈为f/4,iOptron SkyTracker星野赤道仪。



银河系

布林顿·达内尔，英国北约克郡，2015年11月13日

布林顿说：“这张包含了相当多前景内容的照片是我所拍摄的银河系照片里面我最喜欢的一张。从我住处向南拍摄的4张景色美妙的照片被拼接在了一起，构成了这张照片。在这张照片中，我还恰好捕捉到了来自蒂赛德的光污染，并为我所用，最后出来的效果太让我喜欢了！”

器材：尼康D3100单反相机，森养14mm镜头。



西班牙泰德山上空的星轨

马克·内丁-克雷纳，英国泰德国家公园，2008年9月11日

马克说：“拍摄这张照片的经历还是挺可怕的。我在2100多米的高度处于完全的孤独和寂静中。有时我会停下来，去感觉身边那些特殊的声响到底是什么，结果却发现那实际上是我自己的呼吸声！”

器材：佳能EOS 5D单反相机，佳能24-105mm F4变焦镜头，焦距为24mm，光圈为f/4。



天琴座流星雨

约翰·肖特，英国泰恩-威尔郡，2015年4月22日

约翰说：“拍摄流星时无法使用手动曝光。魔术灯这个软件帮助我实现了自动化的拍摄。”

器材：佳能EOS 6D单反相机，佳能8-15mm F4鱼眼镜头，魔术灯

软件。

大麦哲伦云

路易斯·阿格里奇，阿根廷布宜诺斯艾利斯，2012年3月4日

路易斯说：“在大麦哲伦云中，可以看到蜘蛛星云的那个亮点。在一个大气透明度非常高的夜晚我拍摄了这张照片。当时，大麦哲伦云用肉眼很容易就可以看到，它简直和银河一样明亮。”

器材：佳能EOS 5D MK II单反相机，佳能50mm F2.8镜头。





博纳布罗恩石墓上空的星轨

小弗兰克·瑞安，爱尔兰克莱尔郡，巴伦，2008年4月

弗兰克说：“博纳布罗恩石墓是一个新石器时代的坟墓，它的历史可以追溯到大约公元前2500年。”

器材：佳能EOS 350D单反相机，图丽12-24mm镜头。



银河

迪伦·沃尔顿，英国查茅斯，多赛特，2015年7月29日

迪伦说：“拍摄这张照片的时候，天特别黑，肉眼就能够看到银河。我实在忍不住要将它的美拍摄下来，与我的朋友和伯明翰家中的家人一起分享。”

器材：佳能EOS 350D单反相机接驳至SkyWatcher Explorer-150P反射式望远镜后端，SkyWatcher EQ2-3赤道仪。



夜光云

戴夫·汤普森，英国达勒姆郡，2011年7月3日

戴夫说：“我喜欢这里复杂的云端细节与空无一人的街道之间的反差，它仿佛在提醒我们，当我们熟睡的时候，大自然却一直在保持活力。”

器材：佳能EOS 20D单反相机，适马18-200mm镜头。



猎户座

尼尔•英格里希，苏格兰斯特林郡，2006年1月1日

尼尔：“这幅曝光了30秒的猎户座照片是在斯特林郡的乡下拍摄的。具体的方向是从我家往正南方的格里布洛赫住宅上方看过去。”

器材：佳能 EOS 300D单反相机。



超级月亮

米格尔•克拉罗，葡萄牙，2013年6月23日

米格尔：“在这张照片中，一轮巨大的满月正从教堂的上方升起，这里正是13世纪初国王桑秋一世建造罗马风格小教堂的地方。”

器材：佳能EOS 50D单反相机，天文专业级ED-80 APO折射式望远镜，Sky-Watcher EQ2-3赤道仪。

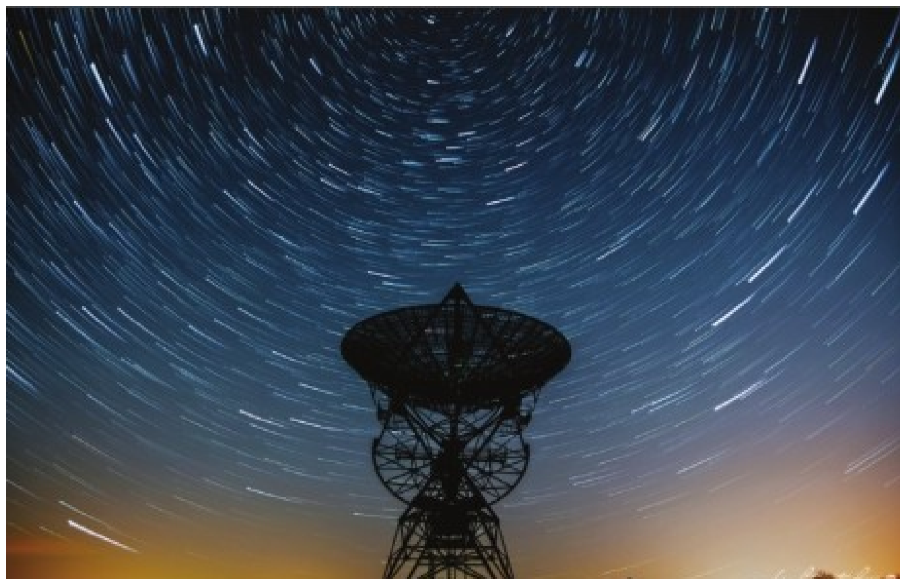


正在升起的银河

安瓦尔•加德里，伊朗库尔德斯坦，2015年4月26日

安瓦尔：“这张照片是在一个繁星点点的夜晚，在两个城市之间的一个村庄里拍摄的。从这两个城市发出的光污染在远处就可以看到，左边的是巴内，右边的是阿默德。”

器材：佳能EOS 5D单反相机，森养14mm F2.8镜头。



星轨

马里乌斯•斯齐马泽克，英国剑桥郡，2015年3月4日

马里乌斯：“这是我在穆拉德射电天文台已经退役的一英里望远镜附近拍摄的一系列照片中的一张。”

器材：宾得K-01照相机，腾龙 17-50 F2.8变焦镜头，焦距为17mm，光圈为f/2.8，金钟 VEB-3三脚架。

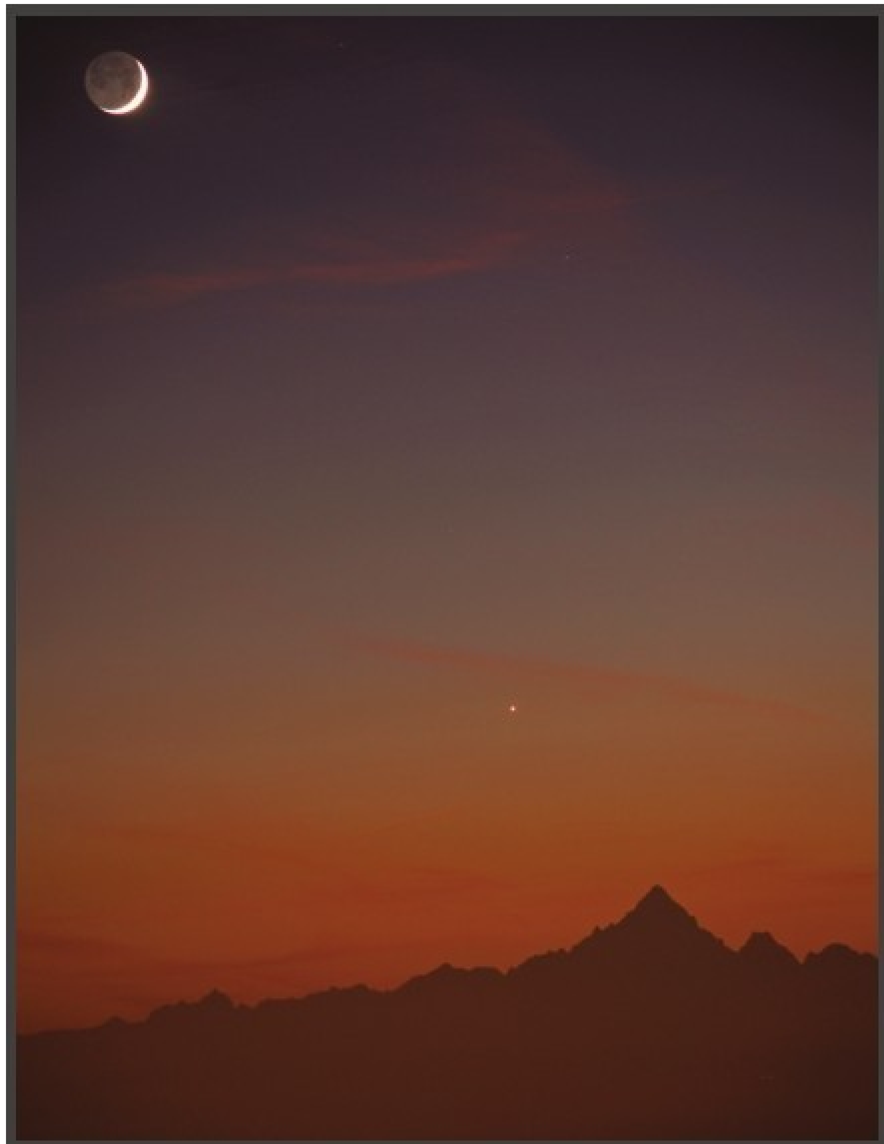


国际空间站经过**M6**

史蒂芬•契特利，英国兰开夏郡，2016年1月25日

史蒂芬：“因为提前就知道国际空间站当晚会在天空中出现两次，我选择了它第二次经过的时候拍摄，那时的天色更暗。我的目的是将高速公路上车辆的灯光痕迹和国际空间站的轨迹同时拍摄进来形成对比。”

器材：尼康D600 DSLR相机，尼康14-24mm F2.8镜头。



蒙维索上空的月亮和金星

斯蒂法诺·德·罗萨，意大利都灵，2011年11月27日

斯蒂法诺：“新月（有着美丽的地球反照）和明亮的金星在科特纳阿尔卑斯山脉的最高山峰维佐峰上空相映生辉。蒙维索金字塔一样的外形在意大利西北部的大部分地区都是可见的。”

器材：佳能EOS 5D MK II DSLR相机，适马150-500mm镜头，焦距为174mm，光圈为f/5.6。



超级月亮

普里吉斯•纳拉亚南，巴林，2013年6月23日

普雷吉斯：“这棵伟大的生命之树占据了这张照片的大部分空间，它在恶劣的无水沙漠环境中生存了400多年。”

器材：佳能EOS 5D MK III单反相机，佳能24-70mm F2.8变焦镜头，焦距为70mm，光圈为f/8。



卡斯托斯岛上空的银河系

马丁•布拉德利，希腊卡斯托斯岛，2010年9月3日

马丁："穿过这片古老的土地和海面，望向深远古老的银河系，那一瞬间你会突然感觉到自己的渺小以及生命的短暂。拍摄时周围大约在25摄氏度，我可以听到脚下来自大海的轻轻叹息。"

器材：佳能EOS 1000D单反相机，图丽11-16mm F2.8变焦镜头，

焦距为11mm，光圈为f/4,AstroTrac赤道仪。



银河波束

伊凡·斯莱德，澳大利亚望远镜致密阵列，2016年2月13日

伊凡："我在网上看到过这些望远镜，知道那里的夜空一定很暗。当这些望远镜转向的时候，我看到了可以得到我想要的镜头的机会：这时的天线正指向银河系，仿佛在向宇宙发射电波一般。"

器材：索尼α7S MK II相机，腾龙15-30mm F2.8镜头，AstroTrac星野赤道仪。



双子座流星雨

约翰·丘马克，美国俄亥俄州，2012年12月12日

约翰：“每隔一分钟左右我就会看到一两颗流星，这绝对是我在20年间看到过的最棒的双子座流星雨！我家的流星摄影机也记录了超过150颗明亮的流星。”

器材：改造了的佳能EOS 450D单反相机，佳能8mm鱼眼镜头。



金星，木星和月亮

格雷厄姆•格林，怀特岛布莱克斯通，2012年3月25日

格雷厄姆：“这次金星、木星和新月的交会实在太好，不容错过。昴宿星团、猎户座以及M42的出现使构图显得更加舒服。”

器材：佳能EOS 600D单反相机，佳能14mm F2.8镜头，光圈为f/5.6,Astronomik 滤光片，AstroTrac星野赤道仪。



南天星轨

戴维•霍夫，澳大利亚昆士兰，2009年8月

戴维：“这张照片是由一系列曝光长度为3分钟的照片组合而成。这次拍摄从晚上6点55分开始，一直持续到第二天早上5点05分（每次曝光之间间隔3秒，以保证图像有足够时间被保存到相机的存储卡上）。”

器材：宾得K10D单反相机，适马20-40mm F2.8变焦镜头。



夜光云

迈克·克拉克，英国诺丁汉郡，2009年7月12日

迈克：“我喜欢这张照片，因为它让我回忆起那个温暖的夏夜，在一个绝佳的观测点，看到夜光云的美妙景象。当我拍摄这张照片的时候，就在离我只有几米远的地方，有两只水獭在水里玩耍、觅食。真是完美的一刻。”

器材：佳能350D单反相机，适马18-35mm变焦镜头。



特内里费上空的银河系

威廉•休斯，西班牙特内里费岛，2012年9月11日

威廉：“我在特内里费岛上的帕拉多卡纳达斯特德，在海拔2150米的地方拍摄了这张照片。一辆途经此地的汽车前灯照亮了前景中的教堂和山丘，营造出了一种非常令人愉悦的氛围。”

器材：佳能EOS 600D单反相机，佳能14mm镜头，Vixen Polarie星野赤道仪。



猎户座，金牛座和昴宿星团

彼得•西姆斯，英国萨福克郡，2008年1月27日

彼得：“尽管拍摄地是在萨福克郡中部一个漆黑的地方，但是在图中仍然可以看到来自15千米以外的城镇的光污染。”

器材：佳能EOS 5D单反相机，佳能17mm镜头。



闪电之上的银河系

贾斯廷，马来西亚丰盛港，2014年6月28日

贾斯廷："得知日落后天会放晴，我便带队来到了这个位置，为银河升起这个过程拍摄延时摄影。在云层追上银河系并最终布满天空之前，我们欣赏到了一场壮观的闪电秀，整个过程持续了大约1小时。"

器材：佳能EOS 5D MK II单反相机，佳能16-35mm F2.8变焦镜头。

天体摄影教程夜光云

撰文：皮特·劳伦斯



月亮会令夜光云不那么明显，但是仍然可能拍摄到像这幅照片一样给人强烈冲击感的图像。

夜光云是地球大气中最高的云层，形成于距地面76～85千米高的大气中间层内的一个狭窄的带中。拍摄它们所需的器材其实很简单，只需要一个三脚架和带有广角镜头的照相机。如果你的相机有手动挡，首先请将镜头打至最大光圈（对应镜头最低的f/数），将对焦选项设置为手动对焦，并预对焦至无穷远处。感光度设置一个较高的值，大致可以设在400～800之间。同时，曝光时间应能达到10秒左右。

拍摄夜光云最大的困难在于形成一个能够迅速找到它们的习惯。它们的高度通常较低，这也就意味着它们很有可能隐藏在建筑物或树木的后面。就拍摄地点而言，如果是在午夜之前拍摄，就必须找到一处其西北至北方的地平线是平坦无遮挡的地点；如果是在黎明的时候拍摄，则需要一个其北方到东北方的地平线是平坦无遮挡的地点。夜光云主要出现在5月下旬至8月初，当它所在高度的温度低于零下120摄氏度的时候就会出现。云层是水蒸气在小颗粒上凝结生成的，这些小颗粒的其中一部分有可能来自于流星的尾迹。

水蒸气上升到这个高度的过程非常复杂。现在普遍认为是多种复杂的光化学反应结合部分气候变化因素造成的。因此，当你看到一幅美丽的夜光云照片的时候，它也许同时表明了我们的气候正在发生着某些不

寻常的变化。这也给它们的拍摄增加了科学上的重要性——因此，请确保你所有拍摄下来的照片都标记好了时间和日期，同时请记录下你拍摄它们时的位置。

夜照

因为夜光云足够高，所以它们会发光。即使太阳已经沉到地平线下6～16度，它们仍能反射到太阳光。在这种状态下，对流层中其他的云仍然是暗的。如果这些云在明亮的夜光云表演正活跃的时候恰巧经过，它们就会在明亮且比它们高得多的夜光云的映衬下显示出轮廓。

夜光云亮度的差别会非常大，它可以从暗弱到几乎看不到一丝一缕到如同漫布天空亮闪闪的蓝色电网一般，有时它们甚至会被误认为是极光出现。如果你看到的是一片完全发光亮度很高的夜光云，或许就可以依赖于相机自身的自动拍摄功能，例如自动对焦功能来辅助进行拍摄。

当拍摄开始时，你可以先将感光度设置为800左右，进行5秒的测试曝光，再在相机的屏幕上检查结果。如果它太亮，或在某些区域露出白色，那么图像就曝光过度了。你也可以利用相机的直方图（如果它有这个功能的话）来确认这一点。如果图像曝光过度，直方图中白色端将有一个很陡的尖峰。如果这个尖峰出现在柱状图的黑色端——也就是说图像包含黑色过多——那么就出现了曝光不足。

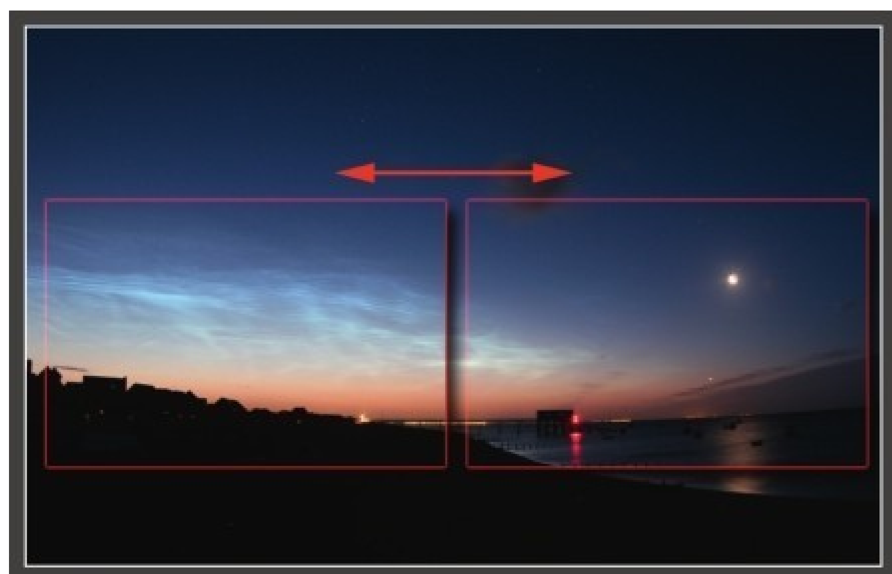
你可以通过降低感光度或减少曝光时间来纠正曝光过度，也可以通过将镜头的光圈收小1～2挡加以纠正。低感光度也可以更好地表现场景色调的微妙变化。对于曝光不足的情况，则需加大感光度或延长曝光时间。在这种情况下，延长曝光时间是首选，因为前者会降低照片在色调上的表现并会使噪点增加。

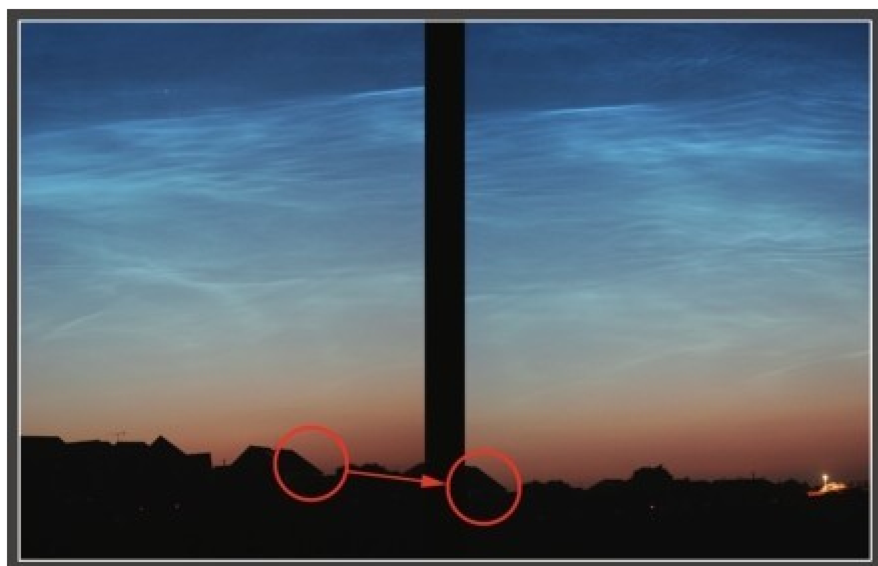
要想拍到一张好照片，你需要经常留意一下夜光云，最好能每天晚上都注意一下——早上要是也能留心一下更好。幸运的是，6月和7月那些短暂的夜晚并不会使这件事成为一件苦差事。虽然明亮的月光会使夜光云更难被发现，但是我们可以选择有新月的夜晚，等到月亮出现在夜光云背后的位置时再拍摄。在这种情况下，夜光云层纤薄的特性将使月光得以不受影响地穿透过来——来自月亮的光线并没有被云层散射开来。

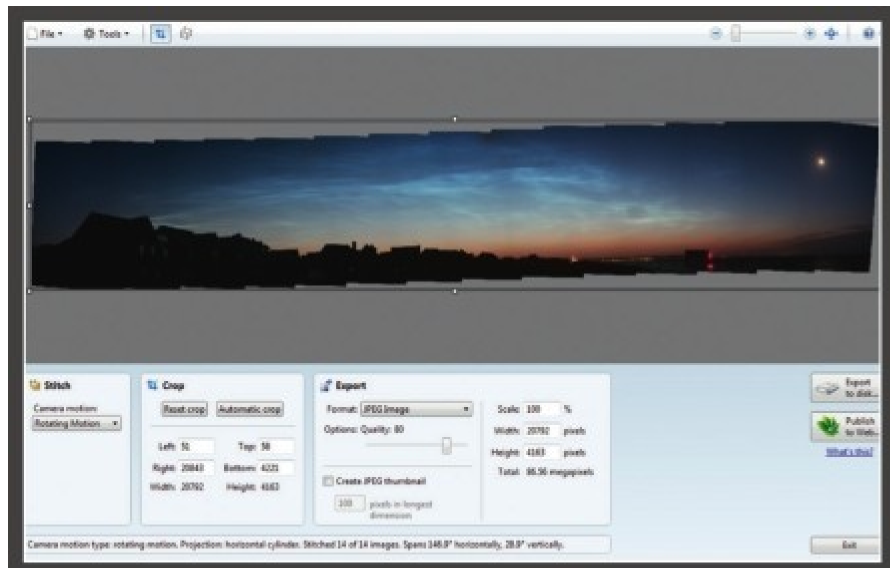
分步指南

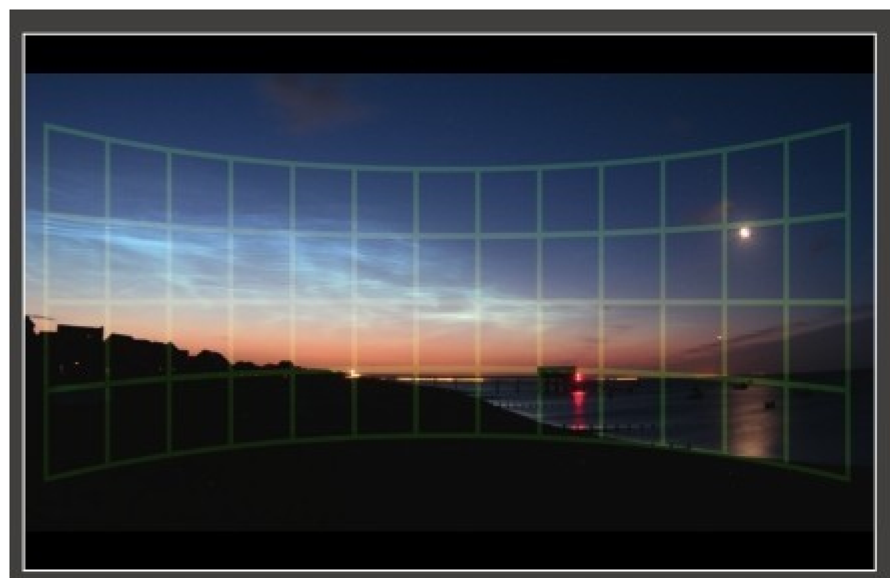








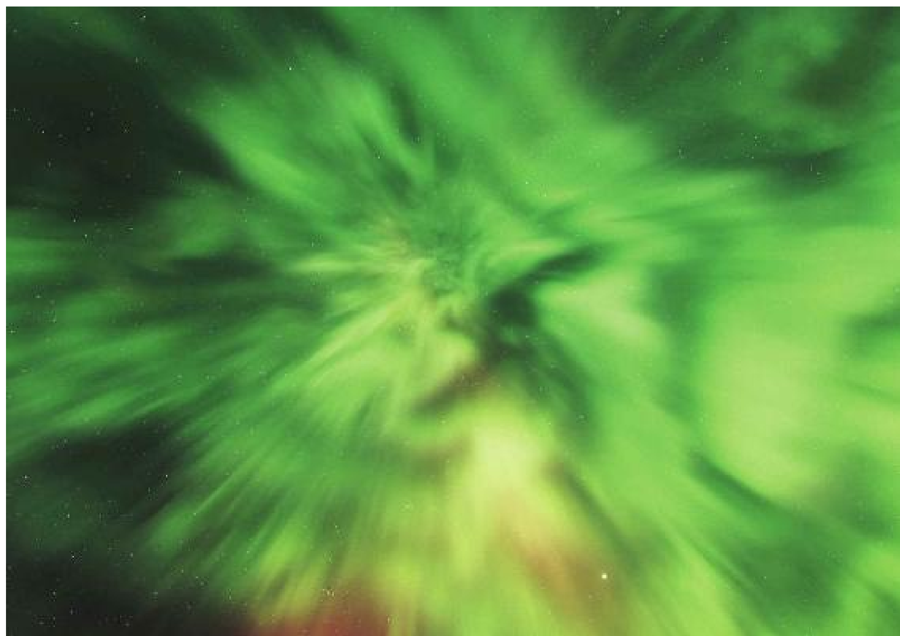

File
Tools
Stitch
Camera motion:
Rotating Motion
Crop
Reset crop
Automatic crop
Left:
Top:
Right:
Bottom:
Width:
Height:
Export
Format:
JPEG Image
Options: Quality:
Create JPEG thumbnail
pixels in longest dimension
Scale:
%
pixels
Total:
megapixels
Export to disk...
Publish to Web...
What's this?
Camera motion type: rotating motion. Projection: horizontal cylinder. Stitched 14 of 14 images.
Exit



极光

当来自太阳的带电粒子以太阳风的形式向我们吹来时，它们中的大部分会受到地磁场的影响而发生偏转。由于这个磁场的场强在地球的极点附近是最弱的，因此这些粒子在两极可以进入我们的大气层并与大气中的气体分子发生碰撞，产生在北极或南极天空中出现的极光（北极光或南极光）。

极光出现在纬度距离两极10度和20度之间的地带。而要想在英国看到极光则需要等到太阳风暴，这种现象可以增加太阳风力量的天文事件的发生。最常见的绿色极光是由地球上空约95千米高处的氧分子产生的，红色极光则产生于高达320千米处的氧，而氮则会产生蓝色或紫色的极光。



极光冕

弗雷德里克·布罗姆斯，挪威卡瓦奥亚，2011年10月25日

弗雷德里克：“在这一次快速移动的极光冕中，颜色仿佛在头顶上方爆炸，这绝对是最令人惊叹的景象之一。行星之王木星高悬在空中，一同加入了这场颜色秀——你可以在图片的下方看到它。”

器材：尼康D3单反相机，AF-S Nikkor 14-24mm F2.8变焦镜头，焦距为14mm。



花园极光

李察·戴维斯，英国西约克郡阿廷顿，2005年1月21日

李察：“这张照片是在我的后花园曝光了30秒拍摄的。”

器材：佳能 EOS 300D单反相机，佳能18-55mm变焦镜头，焦距为18mm。

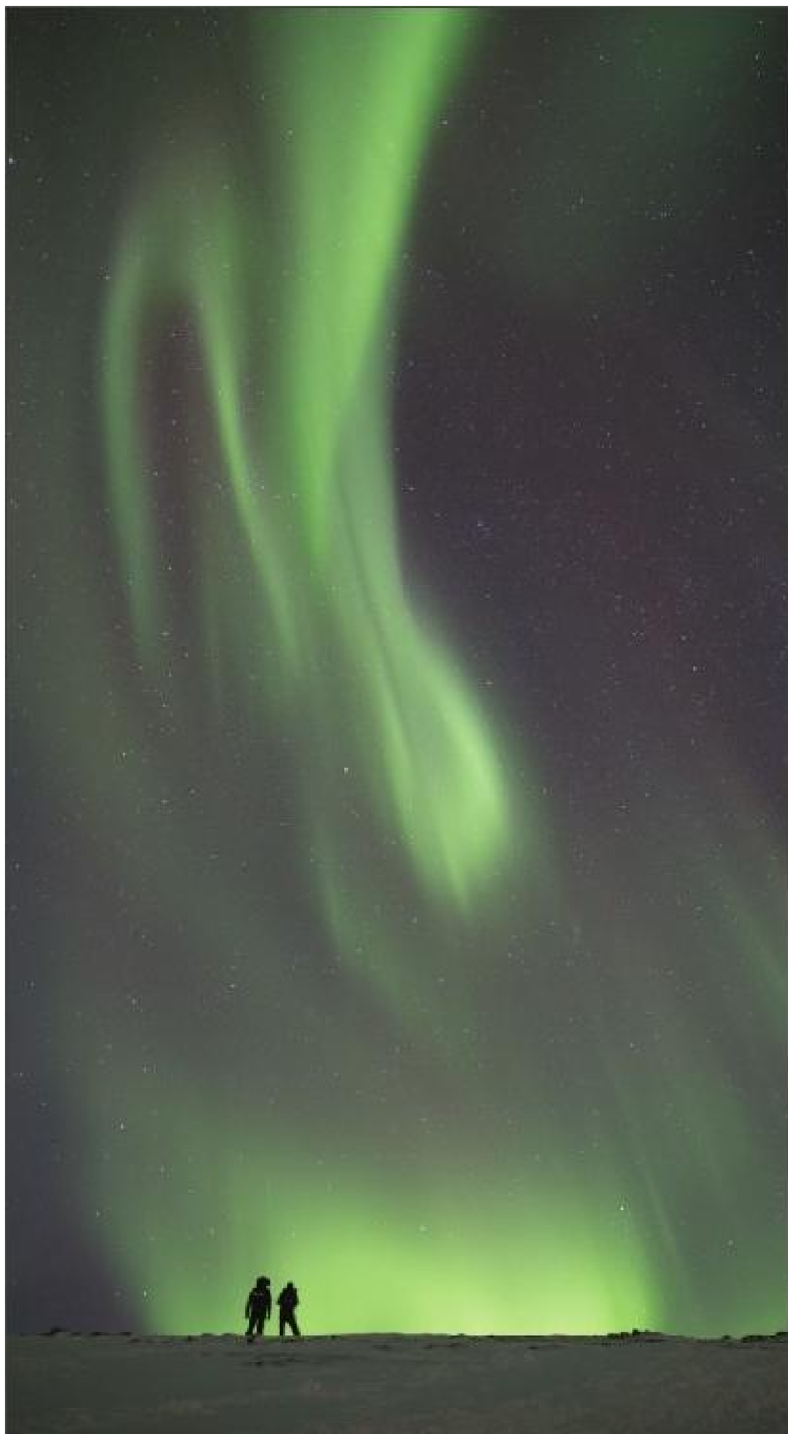


苏格兰，瑟索

戈登·麦基，苏格兰瑟索，2014年2月15日

戈登：“这张照片是在那稍纵即逝的云层间隙中拍摄的。幸运的是，当我在拍摄这张照片的时候，满月的强光被薄薄的云层给遮挡了一部分，这使我能够采用稍长一些的曝光时间，在保证前景没有过曝的前提下使极光可以突出出来。”

器材：佳能EOS　650D单反相机，佳能10-20mm变焦镜头，焦距为10mm，光圈为f/3.5。



瑞典阿比斯库

迈克·莫利，瑞典阿比斯库，2015年1月19日

迈克：“我们很幸运可以在瑞典北部结婚，并且为了我们10周年结婚纪念日于2015年1月重游故地。这次，我们搭乘了一架开放式升降机上升了900米到山顶上观赏极光，尽管我们能够拍摄它的时间只有一个晚上。在那里，我发现了这两个游客，觉得他们会和极光在大小上产生强烈的反差，因此我重新调整了三脚架的位置。当时的感觉就好像我们整个人都身处极光当中。”

器材：佳能EOS　　6D单反相机，佳能24-70mm变焦镜头，焦距为24mm，光圈为f/2.8。



考尔德湖

斯图尔特·瓦特，苏格兰考尔德湖，2013年8月31日

斯图尔特：“我喜欢这张照片，喜欢这个地点的自然风光，以及极光照亮平静湖水的方式。无月夜空的黑暗环境似乎增强了极光的亮度，并把它传导到湖面，并最终被我收入镜头中。”

器材：佳能EOS 5D MK III 单反相机，森养 14mm F2.8镜头。



爱尔兰

罗南·纽曼，爱尔兰，2012年4月13日

罗南：“春分没有辜负我们的期望，在爱尔兰西海岸给我们带来了一次可爱的极光亚风暴。我们为了这样的事件已经等待了8年，大自然终于给了我们一个期盼已久的奖赏。4月13日，一个日冕洞引发的太阳风撞击地球磁场，引发了地磁暴。”

器材：佳能EOS 400D 单反相机。



冰岛

戴夫·斯托克斯，冰岛雷克雅未克，2012年1月22日

戴夫：“这绝对是庆贺我第五十个生日的最美妙的方式。那一晚的极光秀充满活力，从静态到脉动的条带状图案，天空中的极光不断发生变化。有一段时间，仿佛要从天上降下一场绿色的雪。”

器材：三星GX10单反相机。



挪威，特罗姆斯

罗素·班尼特，挪威特罗姆斯，2011年1月

罗素：“这张没有经过任何图像处理的照片所表现出来的画面让我震惊，用我的老胶片是完全不可能实现的。这也表明，只要有一点想法，像我这样的天文摄影新手也可以拍出一张像样的照片。”

器材：尼康D300单反相机，焦距为12mm，光圈为f/4。



挪威，卡瓦奥亚

弗雷德里克·布罗姆斯，挪威卡瓦奥亚，2008年9月14日

弗雷德里克：“由于北极光移动迅速，通常在构图时会比较棘手。但我特别喜欢这张照片，它很干净，并展现出了极光带在山的轮廓上方展开的样子。”

器材：尼康单反相机，尼康AF 20mm镜头。



冰岛，辛格瓦德拉

格雷戈·比克，冰岛辛格瓦德拉裂谷湖，2008年2月12日

格雷戈：“这张照片是全家在冰岛度假期间拍摄的。我们此行的目的之一就是要看到北极光，但天气预报不太乐观。我们预订了一个旅行团，幸运的是，云破天开，给出了一场持续几个小时的壮观表演。”

器材：佳能20D 单反相机，宾得35mm F2镜头。



澳大利亚，维多利亚

保罗·阿尔伯斯，澳大利亚维多利亚，2012年7月15日

保罗：“这张照片是在2012年7月12日的X1.4太阳耀斑之后从我的后阳台上拍摄的，我能用肉眼看到极光，所以我决定把相机架设起来。那

个晚上的大部分时间极光都在持续，所以我的家人也看到了，虽然他们因为看不到相机捕捉到的细节而略有些失望。”

器材：Pentax K-x 单反相机，森养 14mm F2.8镜头。



设得兰群岛

奥斯丁·泰勒，设得兰群岛，2010年4月12日

奥斯丁：“我已经两年没见到过好极光了，我也快要放弃这个季节了，直到4月11日晚，我的朋友们开始谈论他们看到的极光。最终，我在外面守候了5个小时，一直待到了接近黎明。这是我自2006年到现在所看到的最好的极光。”

器材：尼康D300单反相机，尼康 12-24mm 镜头，焦距为13mm，光圈为f/4。



冰岛，辛格维尔

戴维·斯特基，冰岛辛格维尔国家公园，2010年11月14日

戴维：“这是一张利用AstroTrac赤道仪曝光25秒的照片。这次极光来源于11月12日1123号太阳黑子的C4级的太阳耀斑，在我们为期4天的冰岛之行中，幸运地遇到极光与晴空相伴。”

器材：佳能EOS 300D单反相机，焦距、光圈分别为18mm和f/3.5。



苏格兰，凯斯内斯

戈登·麦基，苏格兰凯斯内斯，2014年2月28日

戈登：“这张照片是在邓尼特角拍摄的，在极光上演的过程中，极光似乎比灯塔更耀眼！极光覆盖了整个天空，让人很难决定把相机指向哪里。真希望那天晚上我的相机包里能多放一枚鱼眼镜头。”

器材：佳能EOS 650D单反相机，适马10-20mm镜头，焦距为

10mm，光圈为f/3.5。



挪威，厄什塔

吉尔·泰耶，挪威厄什塔，2011年10月25日

吉尔：“2011年10月24至25日那一晚，地球被日冕物质抛射击中，在撞击期间，出现了密集的极光活动，我看到许多美丽、多彩、富于变化的极光在厄什塔的圣莫斯山脉上空翩翩起舞。”

器材：佳能EOS 500D 单反相机，佳能15mm鱼眼镜头。



美国，阿拉斯加

约翰·丘马克，美国阿拉斯加，2014年3月21日

约翰：“我在阿拉斯加的切娜温泉和费尔班克斯待了一个星期，夜夜观赏极光直到凌晨4点！大多数夜晚的KP指数是3或4。北极光在数个夜晚非常活跃。这张极光照片拍摄于春分之夜。”

器材：佳能EOS 5D MKII单反相机，佳能24mm镜头，光圈为f/2。



芬兰，欧兰卡

克莱夫·英格利斯，芬兰欧兰卡，2010年2月

克莱夫：“很幸运，今年我们在欧兰卡国家公园停留的第一个晚上就看到了壮观的极光，这真是一次神奇的经历。”

器材：佳能EOS 450D单反相机，镜头的焦距和光圈分别为43mm和

f/5。



苏格兰，瑟索

史提芬·麦康纳，苏格兰瑟索，2013年1月17日

史提芬："这张照片拍摄到了发生在1月17日的一次美丽但却非常短暂的极光。它在天空中出现时的景象如此美好，我真希望它能多持续一段时间。"

器材：佳能EOS 500D单反相机。

天体摄影教程捕捉极光

撰文：皮特·劳伦斯



极光对天文学家以及业余爱好者都有着巨大的吸引力。明亮鲜艳的光的帷幕覆盖天空，摇摆不定，又有如探照灯般的光束直达天堂，任何人在这样的场景面前都会被它所吸引。然而，当自己真正用肉眼观察极光时，所见到的却往往不如书籍和杂志中的照片一样震撼。

要看到处于最佳状态的极光，你需要在它最活跃的时候拍摄它，在位置上也要相对地更接近它。从远处看，尽管我们肉眼看到的极光可能在天空中显示出气势磅礴的结构，但它的颜色却可能非常暗淡无趣。但如果利用相机，我们就可以展现出一个与肉眼所见大相径庭的景象，令

那即使最为昏暗的极光都能展现出节日般的色彩。

极光出现在被称为极光椭圆的环中。在地球上有两个这样的环，一个在北半球，给我们带来北极光；一个在南半球，提供南极光。这两个环代表了地球磁场从太空向下穿过大气到达地球地磁两极的区域。

如果没有任何外界影响，极光椭圆本身会是圆形的。但由于受到太阳风，也就是从太阳发射出来的带电粒子和磁场的影响，圆形发生了变形。椭圆形面向太阳的一边向它所对应的地磁极移动，而背向太阳或夜间的一边则变长远离地磁极。

椭圆的活动

背向太阳的区域周围的椭圆形部分极光活动最剧烈。椭圆形的这部分会向南延伸得最远。两个极光椭圆形的位置相对于太阳基本上是固定的，但是当地球自转时，会有不同的区域在椭圆中极光活跃的那部分经过。这些区域大致来说就是能看到大多数极光的位置。这样的地区中离英国最近的是挪威北部和冰岛。如果条件合适，椭圆形的边界还会膨胀，将范围扩大到离地磁极更远的区域。

相机在拍摄极光时有很大的优势，它的传感器比我们的眼睛更为灵敏，并且可以以更长时间“不停地观测”极光。这将使来自极光的微弱信号在探测器上不断累积增强，当这个信号达到足够强度，就很容易将极光的色彩显现而出。

但是，做到这一点的前提是相机要保持静止，例如当它被安装在三脚架上的时候。由于极光细节通常尺度较大，采用中焦段到广角的镜头效果最好。这些镜头除了可以帮助你在画面中捕捉更多的极光活动之外，还可以减少由极光自身存在的内部结构的运动而导致的模糊效应。一个快速镜头可以很好地用来对极光进行拍摄，但要注意的一点是，当镜头完全打开的时候，在图像边缘往往会产生一些畸变。如果这种情况发生（最明显的是图像中星星会出现某些特定形状）只要把光圈收小一两挡就可以了。

高感光度对于定格快速运动非常有效，这也就意味着它将有助于减少极光自身运动所导致的模糊现象。但高感光度的缺点是会使图像增加噪点并减小图像的色彩范围。同其他类型的天体摄像一样，最好的设置归结起来在于妥协和判断。

无论你是在北极圈附近的一个寒冷的冬季里拍摄极光，还是想在英国碰碰运气，追逐北极光都会非常容易使人上瘾。请记得要时不时从相

机上抬起头来，用你自己的眼睛一同见证这个神奇的光影秀。

分步指南




x10
JUMP
INFO.
ON
OFF


28 35 50
5 10



Image quality
RAW+L
Beep
Disable
Release shutter without card
OFF
Image review
8 sec.




WB AF·DRIVE ISO·
AF-ON

太阳

太阳占太阳系总质量的99.86%。观察太阳需要采取特别的防护措施。请永远不要用肉眼或没有安装滤镜的光学仪器，甚至是照相机直接观测它。一旦你开始安全地对它进行观察，就会发现有着太阳黑子、明亮的谱斑和像沸腾的液体火焰般的太阳表面是如此迷人。在日全食期间，由于月亮与太阳在此时看上去大小一致，太阳的光透过月面的峡谷会产生美丽的“钻石环”效应，同时由于大部分太阳光被遮挡，太阳边缘升起的日珥就会更为明显，这些现象都会凸显在照片当中。



日行迹

杰姆斯·卡德，英国安特里姆郡利斯本，2006年9月21日—2007年9

月8日

杰姆斯：“由于天气不可控，在那个可怜的夏天我错过了夏至时节日行迹的巅峰，但无论如何，这个图案还算可以。尽管我的工作日程允许我上下班都可以早一些，但是在一些阳光灿烂的日子里准时回家也并非易事。总的来说，我对结果感到满意，尤其考虑到这是我的第一次尝试。”

器材：佳能400D单反相机，佳能18mm镜头，巴德太阳滤光片。

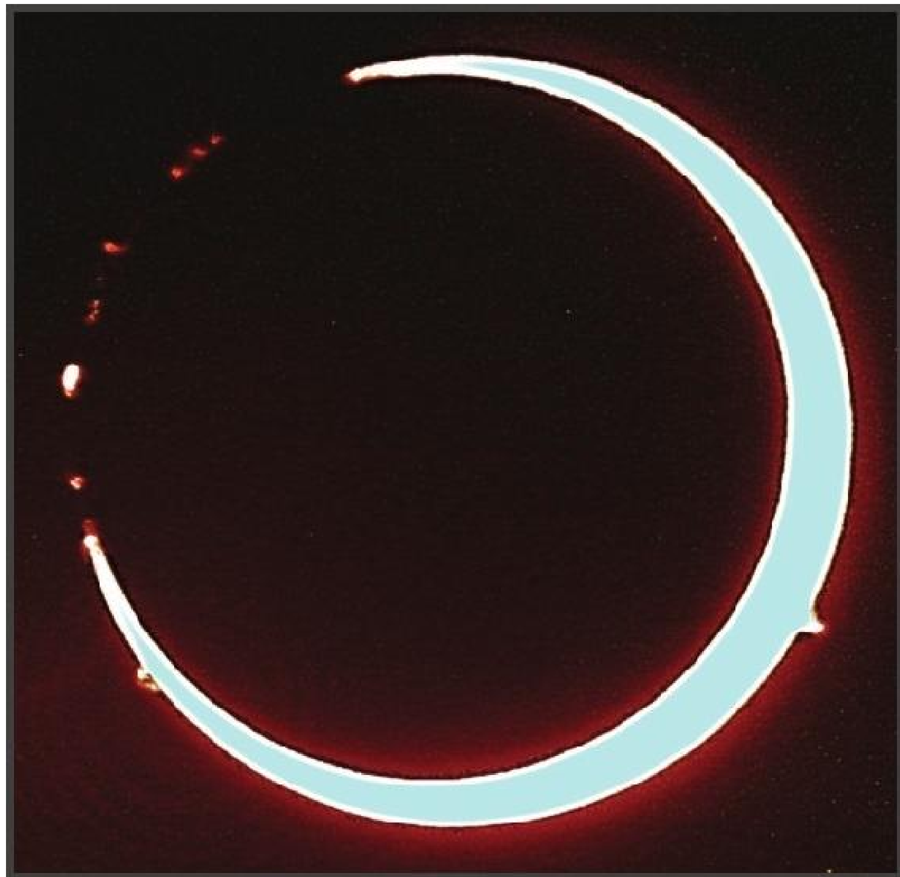


罗奇代尔上空的太阳

朱丽亚·威尔金森，英国罗奇代尔，2014年3月12日

朱丽亚：“几个大晴天助我完成了这幅由12张照片组成的拼图。最后拍摄那天的太阳上有很多值得看的东西——谱斑、太阳黑子、暗条和日珥，包括东面边缘处的一个漂亮的环状日珥。”

器材：映美精DMK 41 CCD相机，科罗拉多Solarmax 60 BF10太阳望远镜。

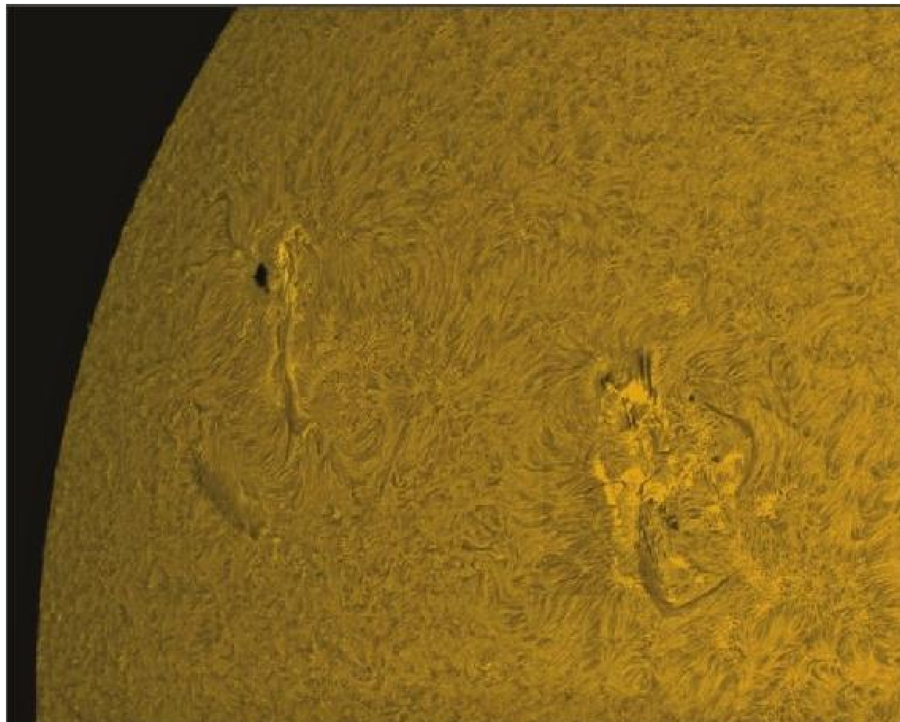


日食期间的贝利珠和日珥

尼克·豪斯，西班牙北部塞哥维亚，2005年10月3日

尼克：“H-α 光显示了贝利珠——出现在月面峡谷之间的太阳光。这幅照片的对焦并不完美，但它却是一张非同寻常的照片。”

器材：创意实验室数码相机 Solarscope 70。



太阳

加里·帕默，威尔士，2011年8月3日

加里：“这是我用SolarMax II 90最早拍摄的几张照片之一，这种尺寸的太阳望远镜所呈现出的太阳表面的细节让我感到惊奇。”

器材：Opticstar CCD相机，SolarMax II 90太阳望远镜。



太阳晕

克里斯·斯坦森，墨西哥坎昆，2008年4月27日

克里斯：“我和我妻子是在墨西哥坎昆结的婚，当假期快要结束时，天空中聚集了越来越多的云。正当我在看杂志的时候，我的岳母让我们瞧向天空，太阳周围有一个巨大的彩虹状的光晕正围绕着它。”

器材：三星i70数码相机。

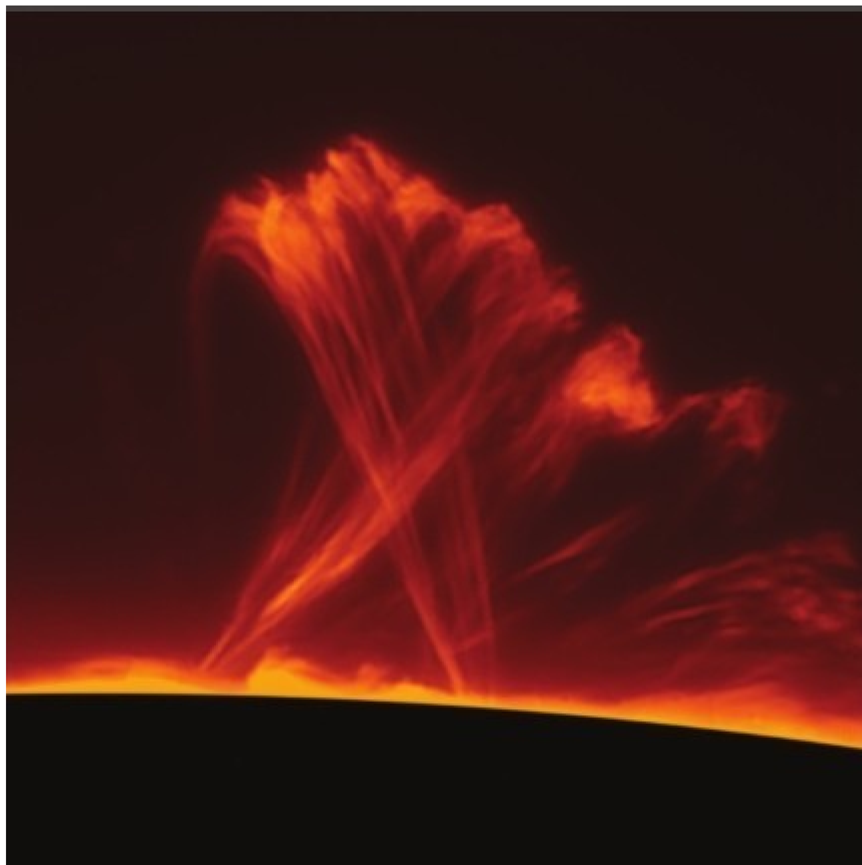


日偏食日出

巴斯·凡·贝克，荷兰沃克霍文，2011年1月4日

巴斯："那天早上醒来的时候，我确信我不会看到这次日食，但是当太阳升起的时候，我的妻子向窗外望去，她看到了一片红红的天空，于是立刻叫我。我冲到阁楼上，看到了日偏食。"

器材：佳能EOS 350D 单反相机。



环状日珥

保罗·波塞拉纳，意大利阿斯蒂，2013年12月31日

保罗："这个环状日珥是在新年前夕的几次耀斑之后产生的。多重交叉的环出现了几分钟；我故意将太阳圆盘遮盖住，使日珥的细节更容易被看到。"

器材：佳能EOS 650D 单反相机。



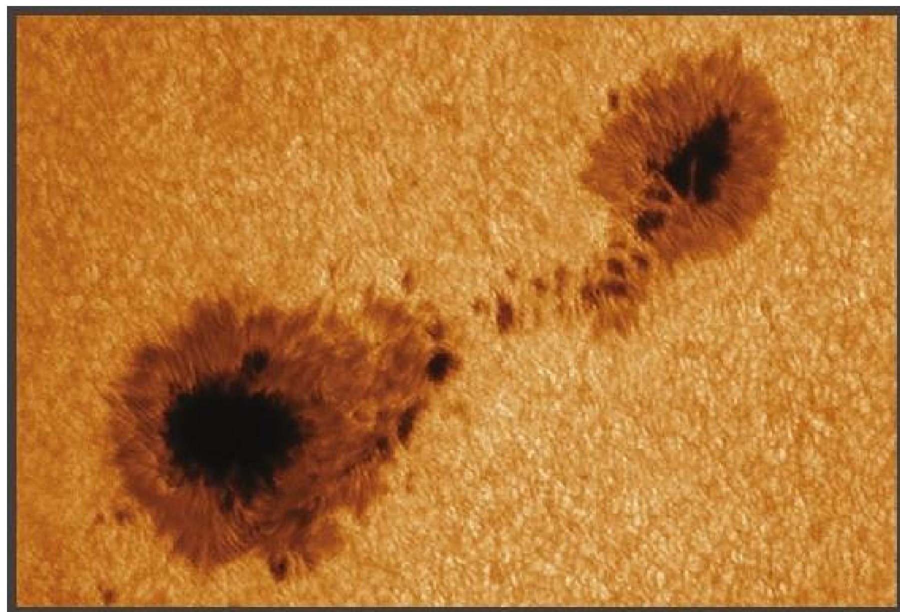
日全食

凯文·厄普，中国杭州，2009年7月22日

凯文：“我们非常幸运。前几天的天气都是阳光灿烂，但日食那天的早上乌云密布。不过幸运的是，云在偏食发生到一半的时候逐渐消散；其余时间，天空中只有一些非常高的卷积云，日食清晰可见。”

器材：尼康D300 单反相机，腾龙 200-500mm镜头，巴德太阳滤光

片。

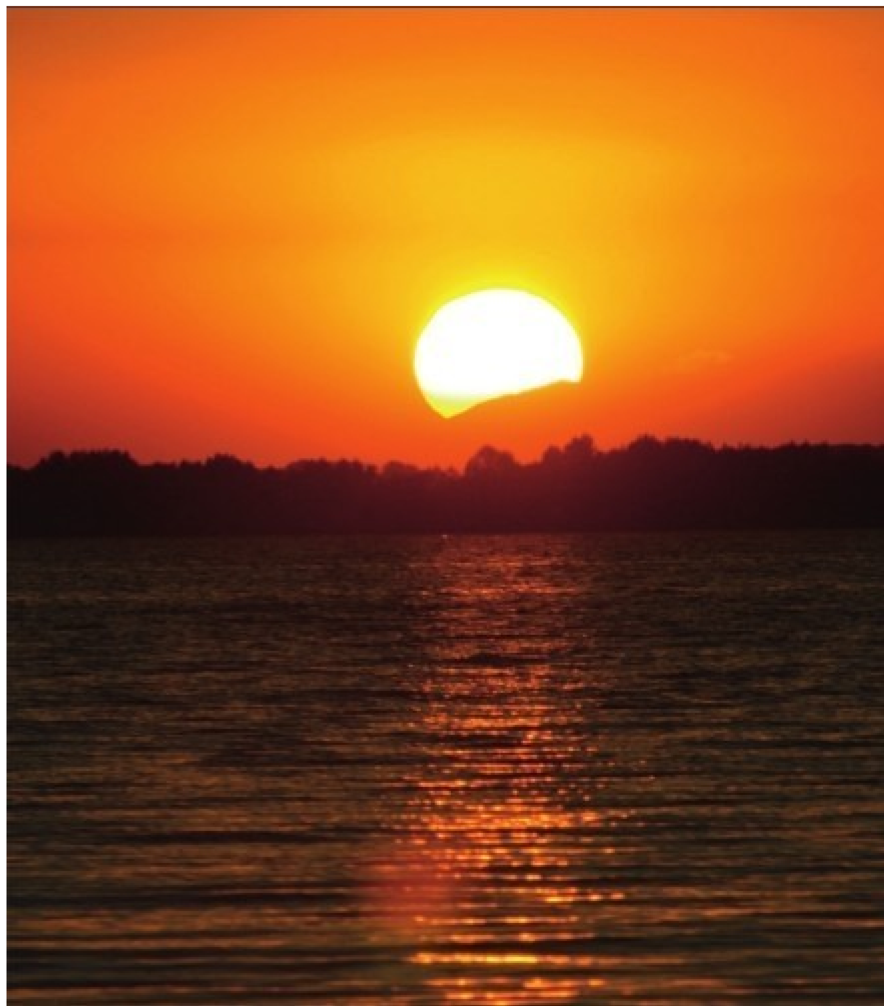


太阳活动区**1057**

保罗·罗伯森，英国斯塔福德郡，2010年3月27日

保罗："2009年71%的日子里太阳是没有黑子的，而2010年，只有7%的天数里太阳是一尘不染的，在白光下对太阳进行拍照总能有所收获。这张照片里出现的是与活动区域1057处的大黑子群。"

器材：映美精 DMK CCD相机，星特朗C9.25 施密特-卡塞格林望远镜，巴德太阳安全膜，2倍巴罗透镜，绿色滤光片。

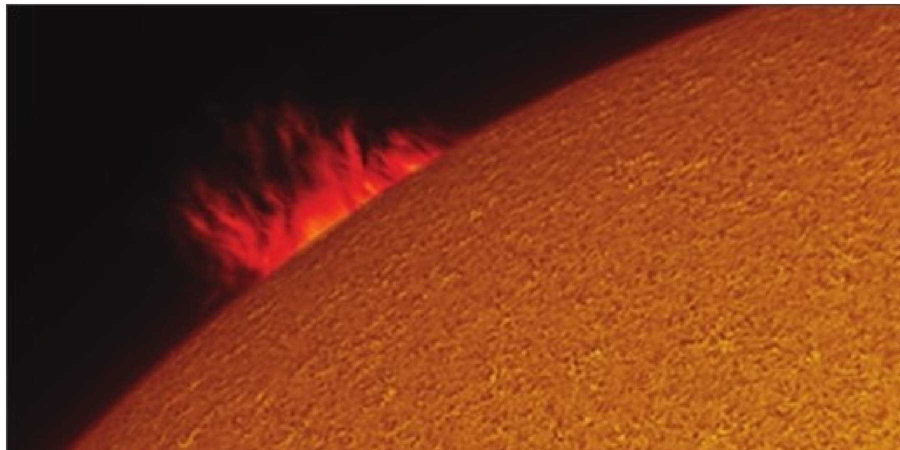


斯洛伐克日落

奥特·米斯，斯洛伐克萨莫林，2006年10月6日

奥特：“我当时正坐在家乡一条水渠附近的河滩上等待时机拍摄，日落的景象让我吃了一惊。”

器材：佳能350D 单反相机，佳能75-300mm镜头。

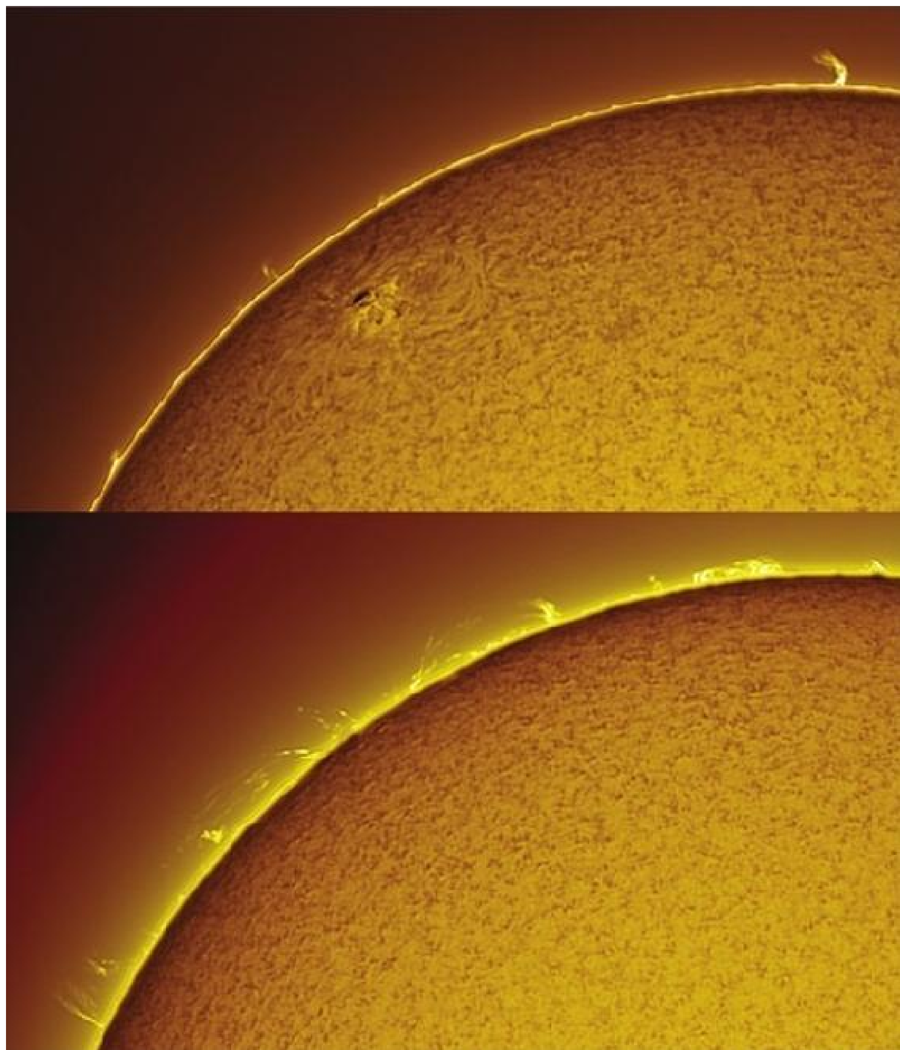


太阳日珥

菲利普·里德，英国汉普郡，2011年3月13日

菲利普：“没有太阳，地球上就没有生命，但太阳上的活动却猛烈异常。这里这个日珥的大小是地球的很多倍，相较之下我们是多么的渺小。”

器材：映美精DMK 21AU04.AS CCD相机，Coronado SolarMax II 60 BF15太阳望远镜。



太阳的边缘

艾伦·克里斯托，苏格兰法夫，2009年10月29、31日

艾伦：“这幅图片显示了太阳活动区域（AR11029）生命周期中的两天。上面的一张清楚地显示了接近太阳西北翼边缘的区域，以及一些不相关的小日珥。下面的图显示与黑子和活动区域相关的日珥活动。”

器材：飞利浦SPC900NC网络摄像头，Sky-Watcher ED80折射式望远镜，Lunt LS50 H-α中阶梯光栅以及相匹配的阻断滤光片。



午夜的太阳

阿尔诺·德拜兹，挪威北角，2006年7月18日

阿尔诺：“已经10天没有出现太阳了。但那天晚上风刮得很大，结果太阳在晚上11点出现。午夜时分，它仍然在那里闪闪发光。这真是一个美妙的时刻！”

器材：尼康F55单反相机，尼康28-80mm镜头。

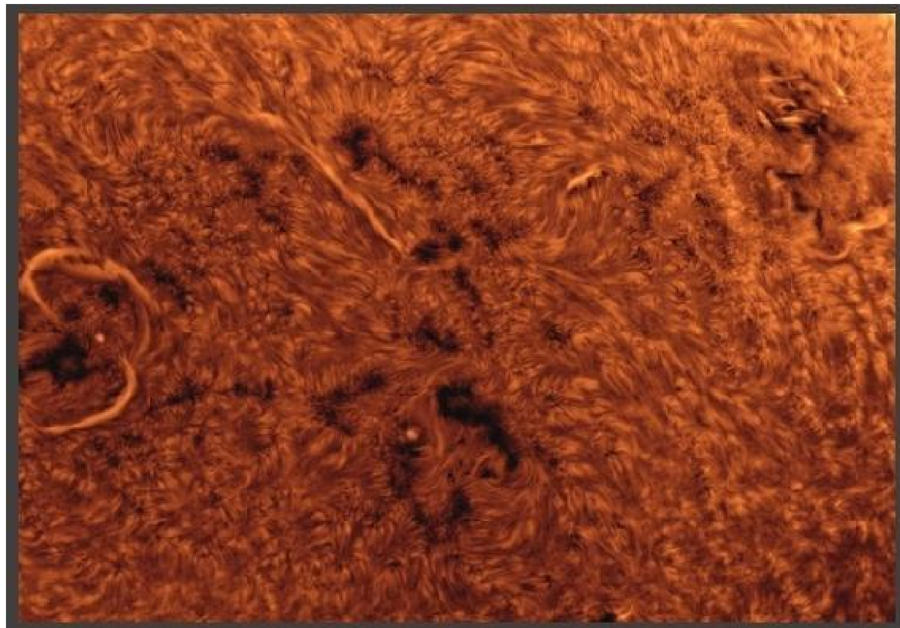


“太阳和飞机”

帕特里克·波伊维文，英国德比郡，2014年2月16日

帕特里克：“英国的天气真的非常糟糕，所以这是我那一年第一次成功拍摄到太阳。我的Lunt 35和DMK 41已经出现了脱瘾综合征！”

器材：DMK 41 CCD相机，Lunt 35太阳望远镜。

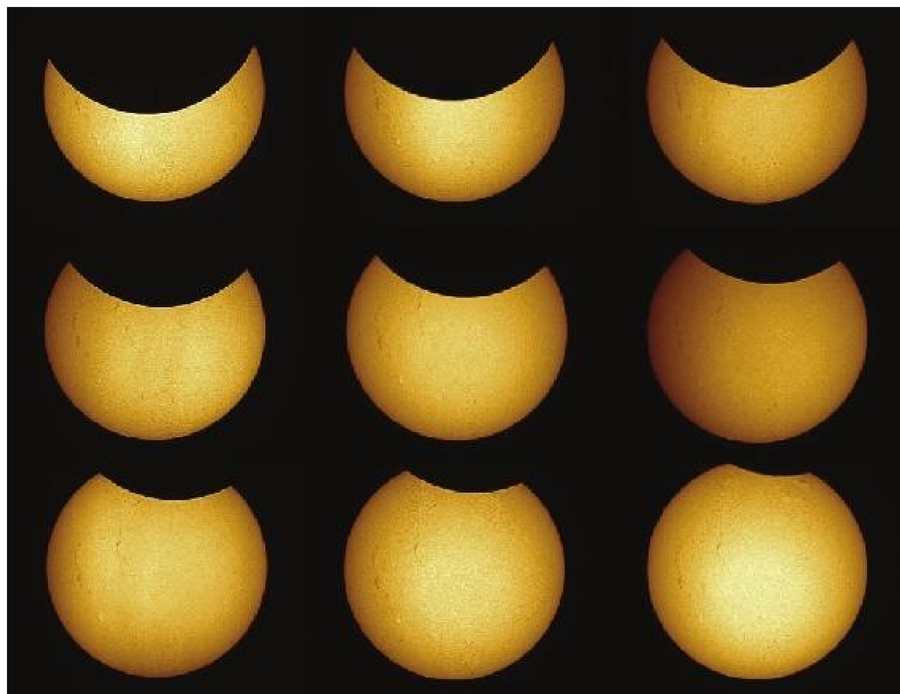


太阳活动区

伊瓦尔·科伦，荷兰海恩利特，2015年6月12日

伊瓦尔：“我一直喜欢太阳，因为它是如此的充满活力，每一周，每一天，甚至每一分钟它都在改变。由于这个糟糕的夏天，我一直在云层之间寻找缝隙，拍摄我们这颗恒星上最活跃的区域。”

器材：ZWO　　ASI174单色CMOS相机，100mm口径自改太阳望远镜。

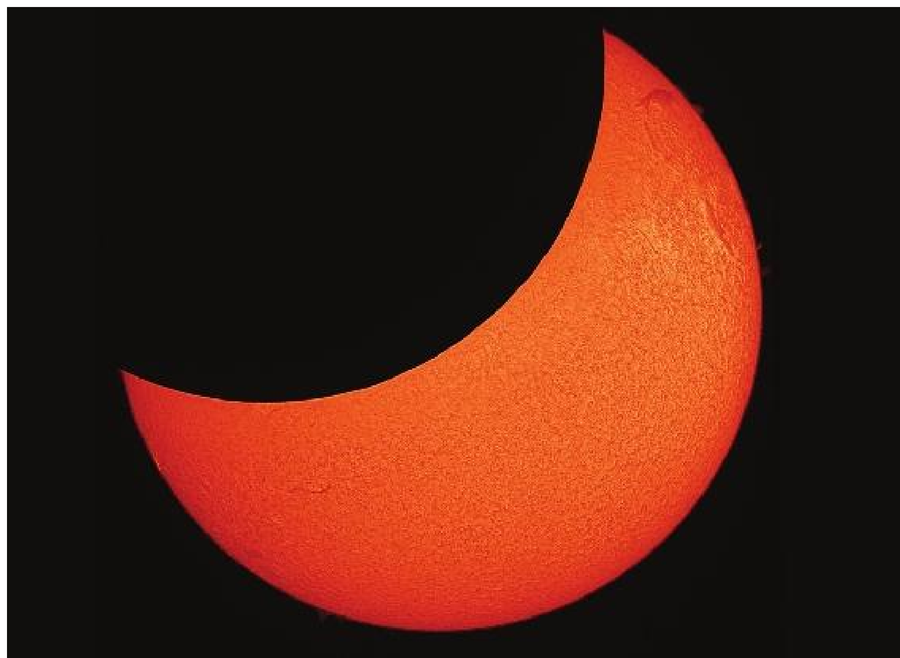


日偏食序列

马克·格里菲思，英国斯温登，2015年3月20日

马克："这张图片由9张照片拼接而成，每张图像之间的拍摄间隔为5分钟。拍摄当天一开始，天空中还有着厚厚的云层，看起来我好像无法再继续拍摄任何图像。但幸运的是，不久后它们便开始变薄。在余下的日食过程中尽管还有一些薄云，但由于太阳非常明亮，所以我仍然得以捕捉到一些细节。"

器材：映美精DMK 41单色CCD相机，Lunt 35mm H-α望远镜，Sky-Watcher NEQ6 Pro赤道仪。

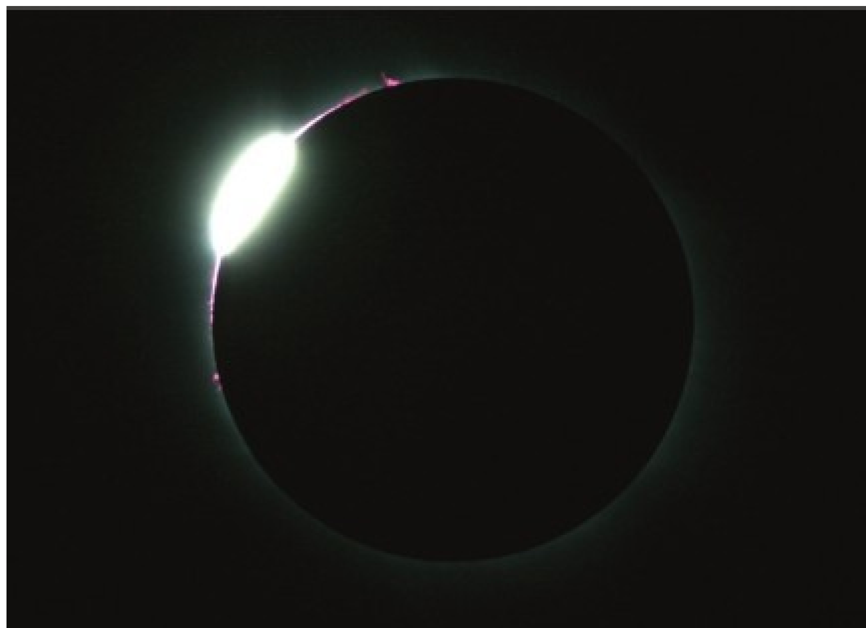


H-α光下的日偏食

路易吉·菲奥伦蒂诺，意大利巴里，2015年3月20日

路易吉：“3月20日的天气预报非常及时。前一天我便在屋顶上架好了我所有的设备，以防止在最后一刻出现任何波折：我的Lunt望远镜和消色差望远镜并排安装在EQ-G赤道仪上，一并安装的还有相机、电池和计算机的连接环。天空是如此清晰，能见度是如此之好，即使是距离我所在位置大约50千米外的山峦也都清晰可见。”

器材：Point Grey Chameleon 1.3万像素单色CCD相机，Lunt LS60THa/B1200CPT H-α望远镜，Orion Atlas EQ-G赤道仪。



钻石环效应

布鲁斯·金斯利，土耳其希蒂，2006年3月29日

布鲁斯：“由于设备和时间所限，拍摄这张照片还是很困难的。”

器材：佳能EOS 350D单反相机，佳能1000mm F10镜头。

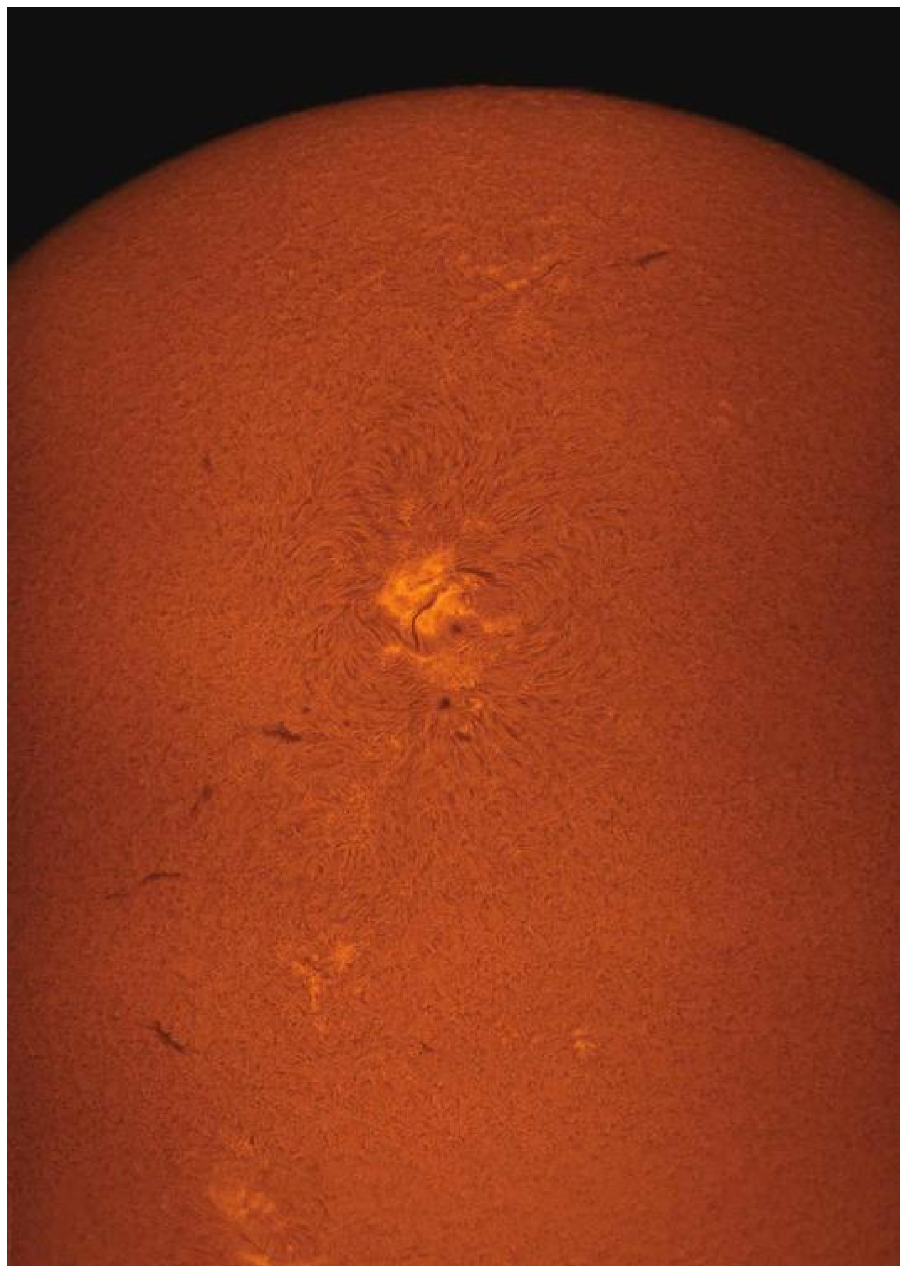


太阳日珥

安德烈·埃文范德霍温，荷兰，2012年6月30日

安德烈：“6月30日那天，我看到了一个漂亮的日珥。它就像一个男人正在将火焰甩向一只蜗牛。我尝试拍下了这一刻，并为它的美丽所震撼。”

器材：映美精DMK 21AU618.AS CCD相机，Lunt 60 BF1200太阳望远镜，NEQ6赤道仪。

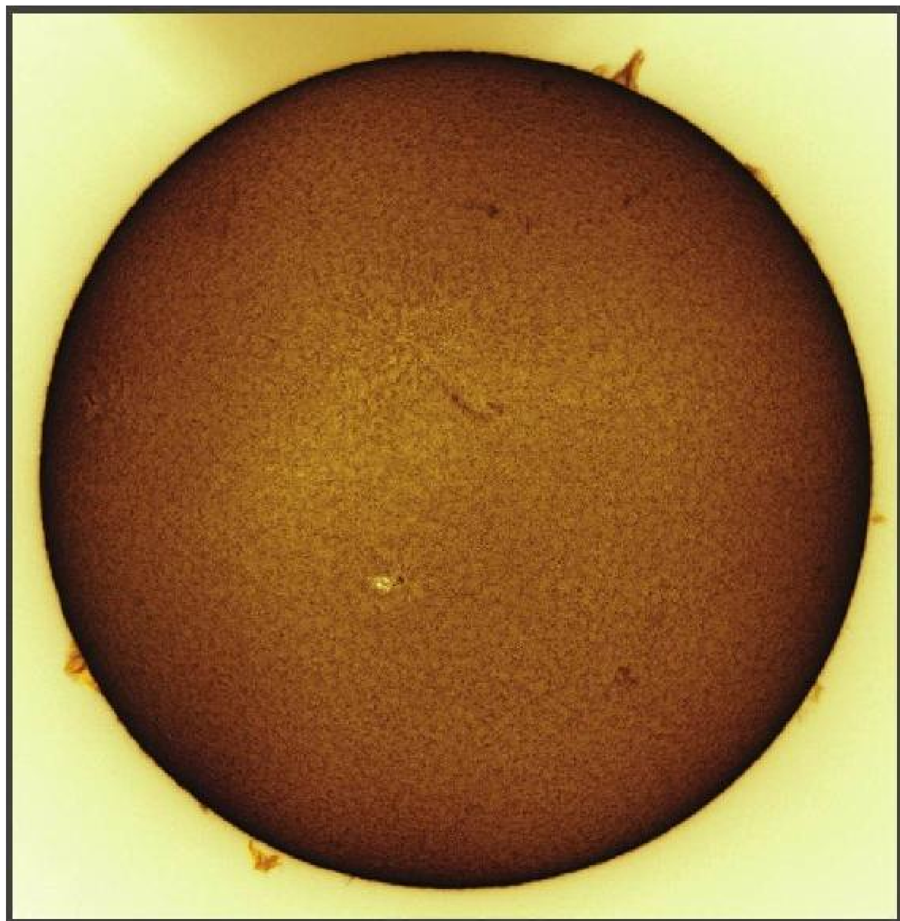


太阳活动区域10960

戴夫·格拉德韦尔，爱尔兰比尔市附近，2007年6月6日

戴夫：“这是迄今为止我完成的最具挑战的一幅图，需要耗费很多耐心才能把众多照片细致地拼接在一起。”

器材：Lumenera Skynyx2-0 CCD相机，Coronado PST。



瑞典上空的太阳

皮尔马格纳斯·海德恩，瑞典瓦伦蒂纳，2010年5月22日

皮尔马格纳斯：“这张图由两张照片组成的，一张构成了上面的部分，另一张是底部。当天的视宁度很好，我能够清楚地拍摄到一些暗条、太阳黑子和日珥。”

器材：改装了的佳能EOS 350D单反相机，Orion100ED 100mm折射式望远镜，SolarMax 60太阳滤光片。

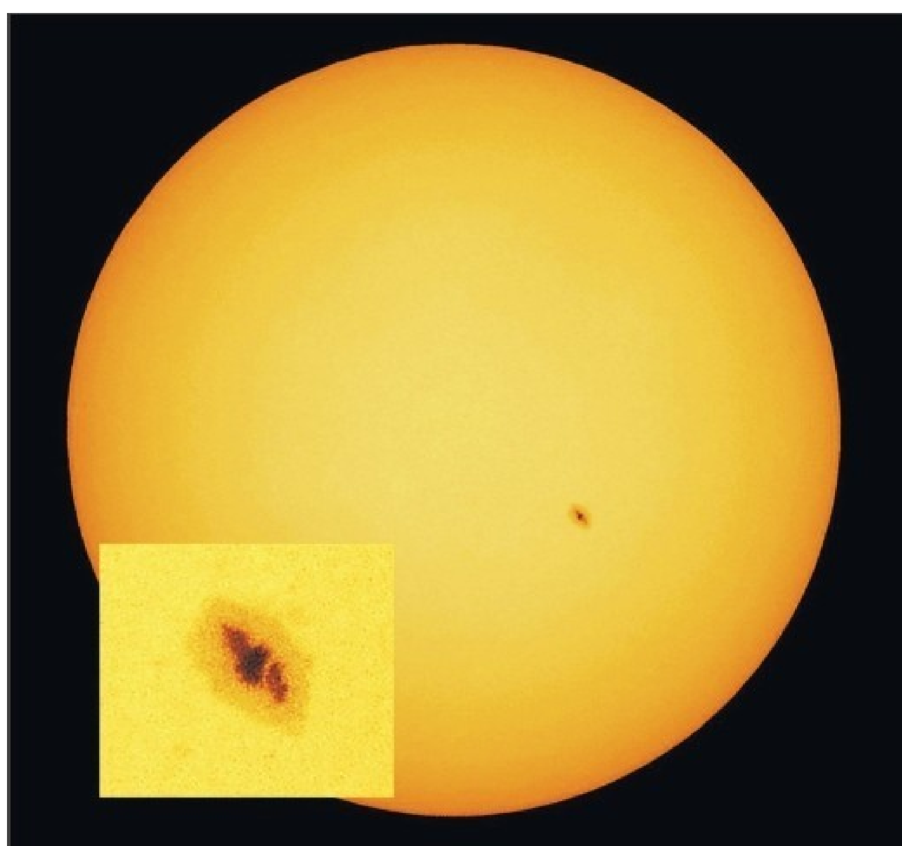


云中的日食

戴维·德·库维亚斯，法国布列塔尼地区，2015年3月20日

戴维：“这次在法国拍摄日食的旅程非常奇妙，几乎到处都在下雨，我一大早就出发了，沿着布列塔尼地区的海岸行驶了3.5小时。”

器材：佳能EOS 450D单反相机，佳能70-200mm镜头。



太阳黑子**898**

彼得·帕里斯，英国贝尔法斯特，2006年7月5日

彼得：“经过了非常炎热又有浓雾的几天之后，我们终于迎来了一个明媚、视宁度也很好的早晨，这让人心情非常愉快。相对于用64ASA所拍摄的太阳圆盘，嵌入图像所显出的粗糙感是由于当相机处于最大放大率时200ASA所对应的设置造成的。”

器材：奥林巴斯5050Z数码相机，150mm折射式望远镜，巴德太阳滤片。



日全食过程中的地球反照

尼克·金，土耳其希蒂，2006年3月29日

尼克：“这张照片是在BBC《仰望夜空》杂志组织的日食之旅中拍摄的。我们在野外度过了一段美好的时光，见证了一件令人惊异之事，遇到了一些非常可爱的人。”

器材：佳能EOS　300D单反相机，佳能100-400mm镜头与2倍增距镜。

天体摄影教程太阳的自转

撰文：皮特·劳伦斯

假设云的状况良好，就有很多种方法可以安全地观察太阳，其中最简单的一个方法就是使用白光滤光片。

利用白光滤光片所能看到的最为常见的太阳特征就是太阳黑子，它们是太阳表面上温度较低的小区域。在这里磁力线集中，但它们的强度却大到可以戳穿太阳可见的表面，通过观察它们的位置变化就可以发现太阳的自旋运动。

只要白光滤光片可以完全覆盖望远镜主孔径就可以，自己制作一个也非常简单，当然你也可以买一个现成的。

我们的目标是生成一幅太阳的拼接图像，使图像的分辨率足以显示出太阳黑子群的细节。但是只要你的设备搭配合理（例如，将单反相机接在焦距小于1.2米的望远镜后面），一张照片也可以完成这个目标。

透过白光滤光片你能看到的太阳被称为光球层。最初，它可能显得毫无特色，坚持下去，你会注意到边缘的阴影——一种被称为边缘昏暗的现象。

粒度揭示

一台76mm或更大口径的望远镜就足以揭示太阳的米粒结构，显示出光球层上米粒一样的纹理。这种图案特征代表了太阳里面那些巨大的内部对流团块的顶部正在向上冒出至太阳表面。如果你仔细观察太阳的米粒图案，就会发现一些细微的形状特征。当你进行图像拼接时，这些特征将会对你有所帮助。

虽然太阳黑子确实会改变形状，但是这种变化通常需要等待几个小时才能看到，较快的变化是相当罕见的。在为期几天的时间里，一团较大的太阳黑子可能会表现出大量的内部变化，即便如此，这团黑子的大

致形状不会发生突变。

太阳黑子的变化可以很容易地被相机捕捉到。你可以使用一部单反相机或高速行星相机——将其接驳在装有太阳滤光片的夜用望远镜后。再添加巴罗透镜以增加其有效焦距，使焦比介于f/15与f/40之间。

添加巴罗透镜之后你得到的焦比可以很容易地计算出：只要把巴罗透镜的放大倍数乘以望远镜的焦比即可。焦比是望远镜的自然焦距值除以其孔径值（两者使用相同单位的情况下）。因此，如果你在f/9的望远镜上装上2倍巴罗透镜，你的望远镜最终的焦比为f/18。如果视宁度不好，请保持焦比在可用范围的较低值。

你可以拍摄多个图像序列，并使用你喜欢的图像对齐、叠加软件对它们进行处理。你可以将图像加载到基于图层编辑的图形处理软件中，并将每一图层的图像依照相似的特征进行对齐。切换图层的可见状态，你就会发现太阳表面很明显正在进行某些变化，即使这些变化非常微妙。如果你的软件能够创建一个GIF动画，可以试着将所有的图层做成动画来创建一个动态摄影。通过比较在几天时间内拍摄的图像，就可以看到太阳黑子在整个太阳上的移动过程。这将揭示太阳是如何旋转的。

你能在一张图片中捕捉多大的太阳盘面取决于你的装备。如果你无法一次把它全部拍摄下来，就需要分块进行拍摄。在每一幅照片里都留下恰当的重叠部分——这样就可以使用在对页的分步指南中介绍的技术对照片进行拼接。

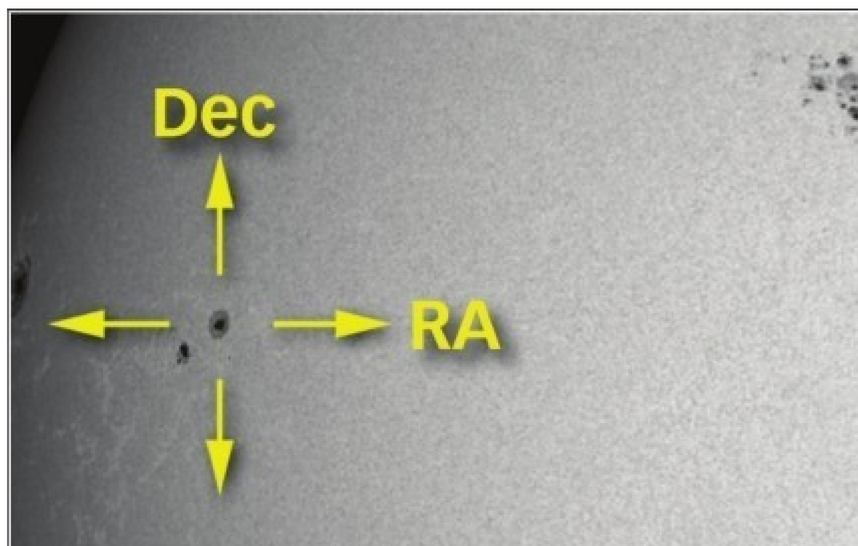
我通常用一个高速行星相机来做这事儿，因为它可以快速地提供最为清晰的图像。

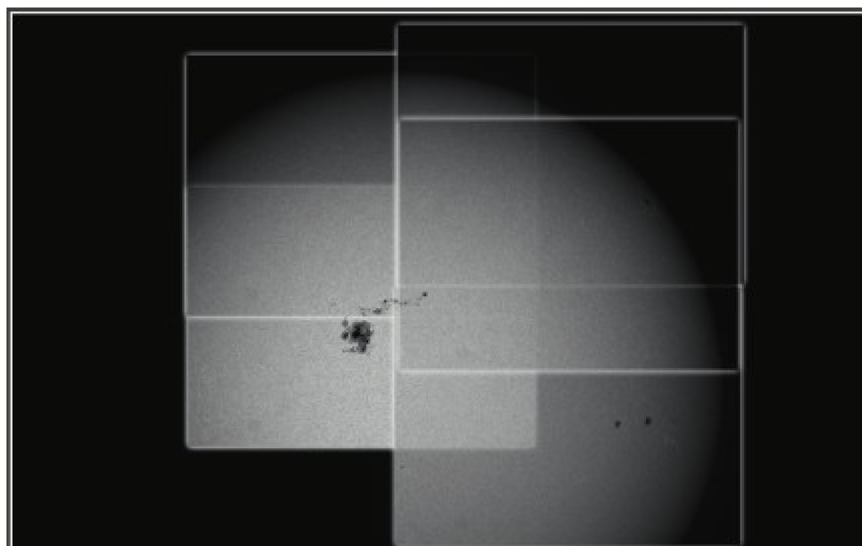
所以，如果英国有一个合适的夏天，请考虑将你的注意力转移到离我们最近的这颗恒星上，拍摄它的圆盘上所呈现的那些令人惊讶的图像。

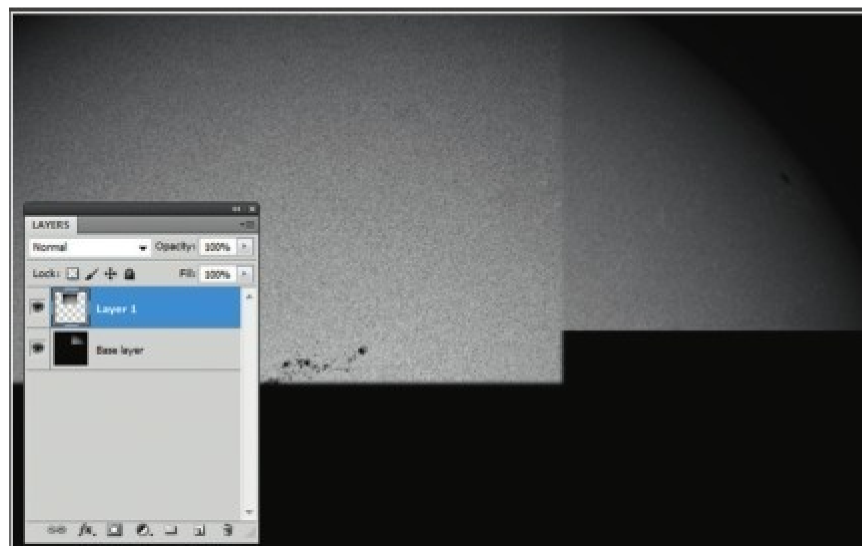


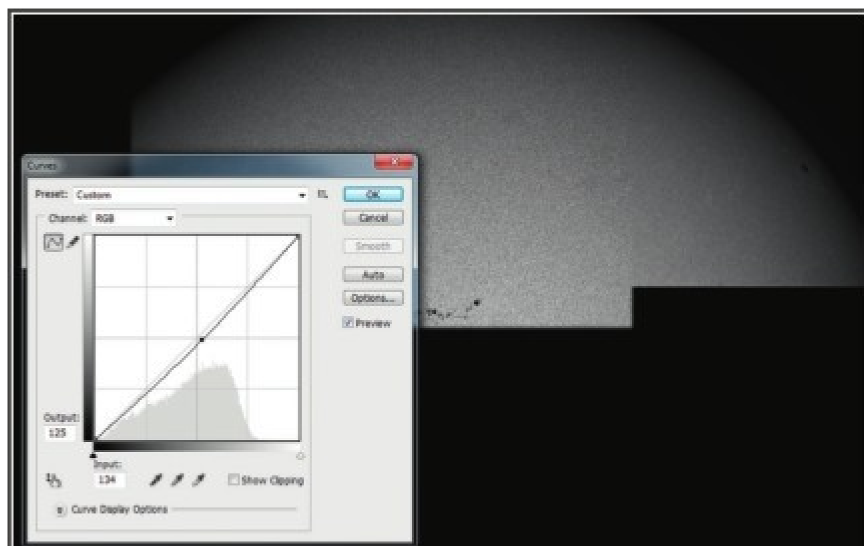
将拍摄到的图像放在一起编辑，能帮助我们看到太阳黑子是如何在太阳的盘面上旅行的。

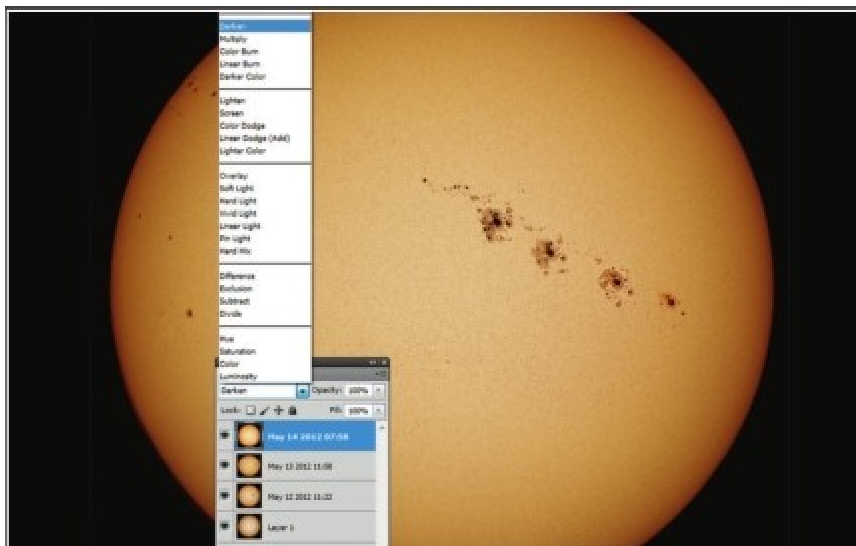

MEADE
LX200GPS EMC


Dec
RA




LAYERS
Normal
Opacity: 100%
Lock:
Fill: 100%
Layer 1
Base layer


Curves
Preset:
Custom
OK
Cancel
Channel:
RGB
Smooth
Auto
Options...
Preview
Output:
125
Input:
134
Show Clipping
Curve Display Options


Darken
Multiply
Color Burn
Linear Burn
Darker Color
Lighten
Screen
Color Dodge
Linear Dodge (Add)
Lighter Color
Overlay
Soft Light
Hard Light
Vivid Light
Linear Light
Pin Light
Hard Mix
Difference
Exclusion
Subtract
Divide
Hue
Saturation
Color
Luminosity
Darken
Opacity: 100%
Lock:
Fill: 100%
May 14 2012 07:58
May 13 2012 11:58
May 12 2012 11:22
Layer 1

月亮

天空中地球那永恒的伴侣也是摄影师追求的诱人目标。无论你是选择等到满月时分将整个圆盘收入你的照片当中，还是选择等到它的相位发生变化，太阳在月夜沉落却又为月亮投射出戏剧性的阴影，从月亮上你总能看到一些有趣的东西。如果你把重点放在陨石坑、月海或山脉这些为月球表面增添有趣纹理的特征上，你有可能分辨出那些用肉眼永远看不到的细节。在等待月食出现的过程中也会拍到令人震撼的图像，当地球的阴影逐渐覆盖月球的表面，在最后的全食出现时，我们的这颗卫星将会呈现出一抹幽幽的红色。



月全食

基思·布兰利，英国兰开夏郡皮灵，2015年9月28日

基思："这是从我的后院，用自制的望远镜赤道仪配合其他设备拍摄的。我每4分钟拍摄一次，直到月全食发生。当接近月全食的时候，我发现我必须大幅调整曝光设置才能捕捉到月亮上的细节。"

器材：佳能EOS 450D单反相机，Sky-Watcher MN190/1000 MaksutovNewtonian 望远镜。



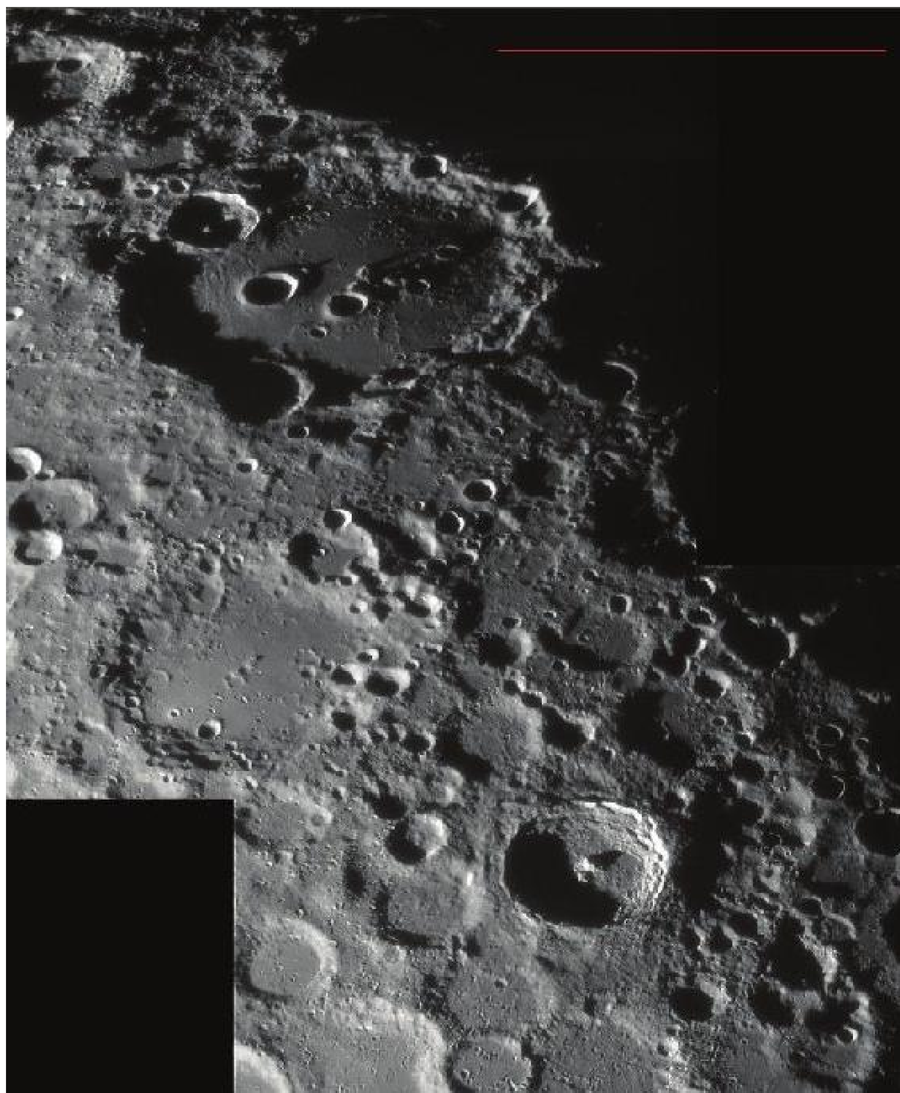
盈月拼接图

安德烈·范德霍温，荷兰，2012年3月3日

安德烈："我用望远镜扫描月亮，一步步把它的每个细节都记录了下来。整个月面我花了超过90分钟用了107个视频来拍摄。那天晚上视宁

度相当好。”

器材：映美精DMK 21AU618.AS CCD相机，星特朗C11施密特卡塞格林望远镜。



月球东南边缘马赛克

尼克·史密斯，英国牛津郡，2008年2月15日

尼克：“对我来说，克拉维斯是月球上最具代表性的环形山之一，我喜欢这整个区域崎岖不平的外貌特征。这幅拼接图是由3幅图像利用iMerge软件拼接而成的。”

器材：Lumenera Infinity 2-1M相机，星特朗C11 SCT,Astronomik

red filter,2.5倍 Tele Vue Powermate 巴罗透镜。



月全食

菲利浦·福尔摩斯，澳大利亚罗克汉普顿，2007年8月28日

菲利浦：“我永远不会忘记那个夜晚。很幸运，我们本地的电视台来到附近，拍下了我拍摄月食照片的场景并在新闻上报道。人们也走上街，一同目睹了这一令人惊叹的天文事件。”

器材：佳能EOS 30D 单反相机，Tele Vue NP101mm折射式望远镜。



莫雷环形山

戴维·芬尼根，英国西米德兰兹郡，2008年12月7日

戴维：“这是由月亮的第一个1/4月相之后的两天拍摄的由两幅照片合成的图像。拍照期间视宁度良好，所以我能使用长焦相对容易地进行拍摄。”

器材：映美精DMK　21AU04.AS　CCD相机，200mm米德LX200经典，2.5倍 Tele Vue Powermate巴罗透镜，红色滤光片。



圣保罗大教堂上空升起的月亮

阿利斯代尔·麦克唐纳德，英国伦敦，2005年11月16日

阿利斯代尔：“我很高兴可以将月亮和圣保罗圆顶上的十字架一同框入照片当中。当我拍照的时候，恰巧一架飞机从月亮前面飞过。”

器材：尼康D2X单反相机，尼康800mm镜头。



西奥菲勒斯环形山

特里沃·李特，英国萨塞克斯郡索斯维克，2008年2月13日

特里沃：“西奥菲勒斯是一个巨大的撞击坑，靠近酒海。它以4世纪时的希腊哲学家命名。这个环形山两侧分别是西里尔环形山和卡塔里娜环形山。

器材：映美精DMK CCD相机，星特朗 C11望远镜，光圈为f/10。

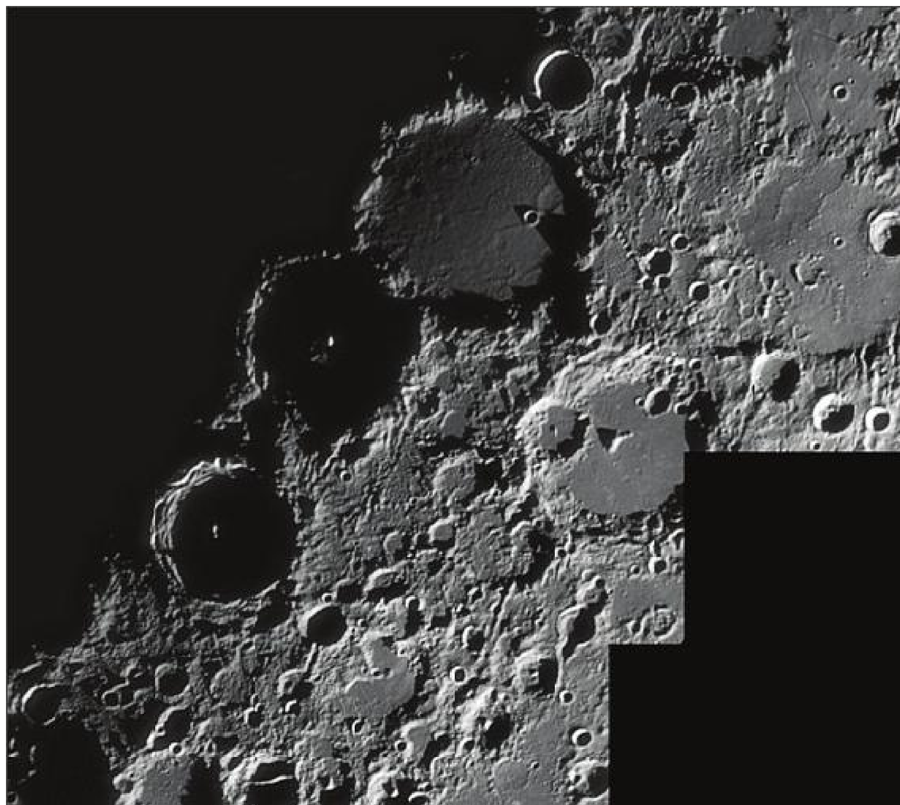


柏拉图环形山

杰姆斯·杰弗逊，英国白金汉郡弗拉克威尔希思，2008年2月16日

杰姆斯："由于一直以来我在拍摄这个环形山的时候总会出现云雾或是视宁度不好的天气，过去我从来没能成功地拍摄到它。然而，在这个夜晚，终于万事如意。"

器材：Lumenera　075M相机，星特朗235mm望远镜，2倍巴罗透镜。



托勒密、阿方索和阿尔扎赫尔环形山

特里沃·乐斯，英国诺福克郡，2010年2月25日

特里沃：“我恰好赶上一个拍摄阿方索地区的最佳时机，太阳这时照亮了环形山底部的细微细节。通常在这些月球坑里我仅能看到平坦广阔的月面，或许能在上面再看到一些小陨石坑。而这次这种程度的细节是我从未见过的。”

器材：映美精DMK 21 CCD相机，Sky-Watcher 150mm折射望远镜，2倍巴罗透镜。



月面上的X图案

安迪·鲁滨孙，英国德文郡道利什，2010年3月22日

安迪："月面上那个X图案在每一个月历周期中仅有4小时可见，它的最佳状态大约只能维持1小时。所以我很幸运，在视宁度很好的情况下拍摄到了这一幕。"

器材：映美精DMK 21 CCD相机，星特朗 C11施密特-卡塞格林望远镜。



“南瓜”般的月亮

斯蒂法诺·德罗萨，法国，2010年6月26日

斯蒂法诺：“这张照片展示了在法国卡普费拉的海平线上升起的一轮满月。红色的月亮就像一个大南瓜出现在天空中，光在大气中的折射产生了这种色彩。”

器材：佳能EOS 1000D单反相机，适马150-500mm镜头，焦距为500mm，光圈为f/6.3。



地球阴影中的美人

拉尔夫·史密斯，英国安特里姆郡利斯本，2015年9月28日

拉尔夫：“尽管在月食开始之前天空中仍然是阴云密布，但我还是决定熬夜尽可能多地拍摄照片。幸运的是，天气逐渐变晴。我拍摄了一系列的图像，并试着把它们以蒙太奇的方式组合起来，还特意把月全食时的图像放大了一些。这一刻的月亮呈现出了可爱而又明亮的铜色。我非常喜欢这张照片，同时也感到非常幸运，可以记录下这一美丽的天文事件。”

器材：佳能EOS 1000D单反相机，Sky-Watcher Evostar ED80 Pro折射式望远镜，Sky-Watcher HEQ5 Pro SynScan赤道仪。

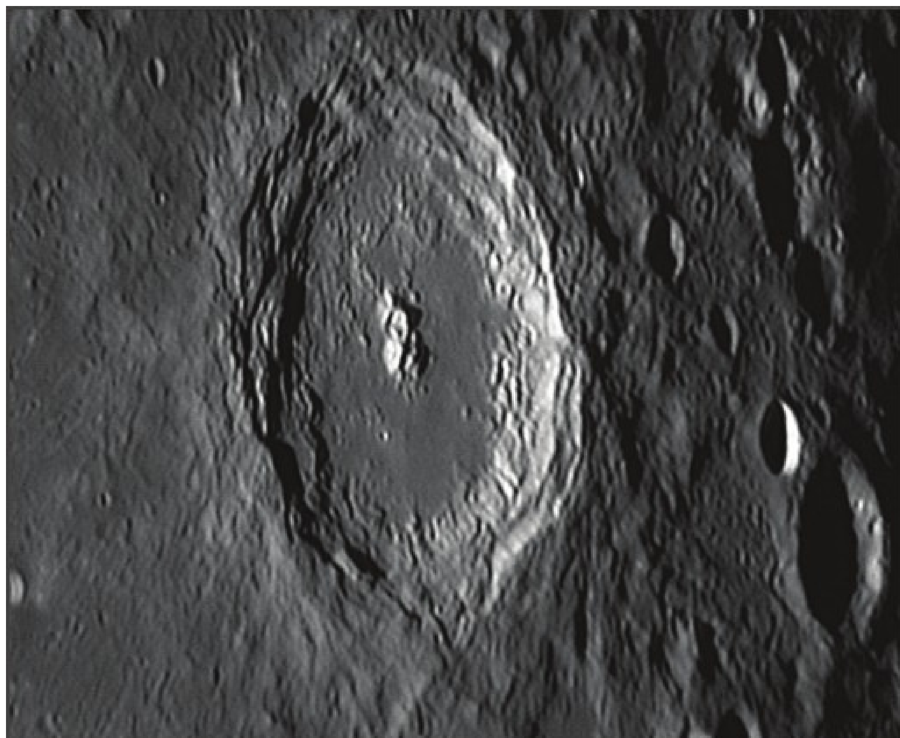


拼接图：渐亏中的月球

史提夫·洛弗里奇，英国萨默塞特郡惠灵顿，2010年8月30日

史提夫：“我对这张照片非常满意，它是在我开始使用新买的QHY5v CCD相机后的第二天拍摄的。这张图片是利用Avistack软件提取叠加1000帧的AVI文件，再在Photoshop里用72个幅面手动拼接而成的。”

器材：QHY5v CCD相机，Sky-Watcher 100mm ED Pro折射式望远镜，3倍 Tele Vue巴罗透镜，HEQ5 Pro赤道仪。



朗伦环形山

保罗·梅洛，英国柴郡康格尔顿，2005年11月17日

保罗："我拍摄了晨昏线附近的朗伦环形山。照射到这里的光线角度很低，使朗伦环形山的山崖和谷底都可以显示出更多的细节。"

器材：飞利浦Toucam Pro 2摄像头，200mm 米德SCT望远镜。



仅有两天大的月亮

马丁·麦克纳，北爱尔兰德里郡马赫拉，2007年3月20日

马丁："我注意到被阳光照亮的部分其左下边缘处有一个明显的裂痕。这可能是由于月面一座高山或是某个环形山的边缘挡住阳光而造成的。我从来没有在一个新月上看到如此生动的景象！"

器材：富士Finepix S5600 相机。

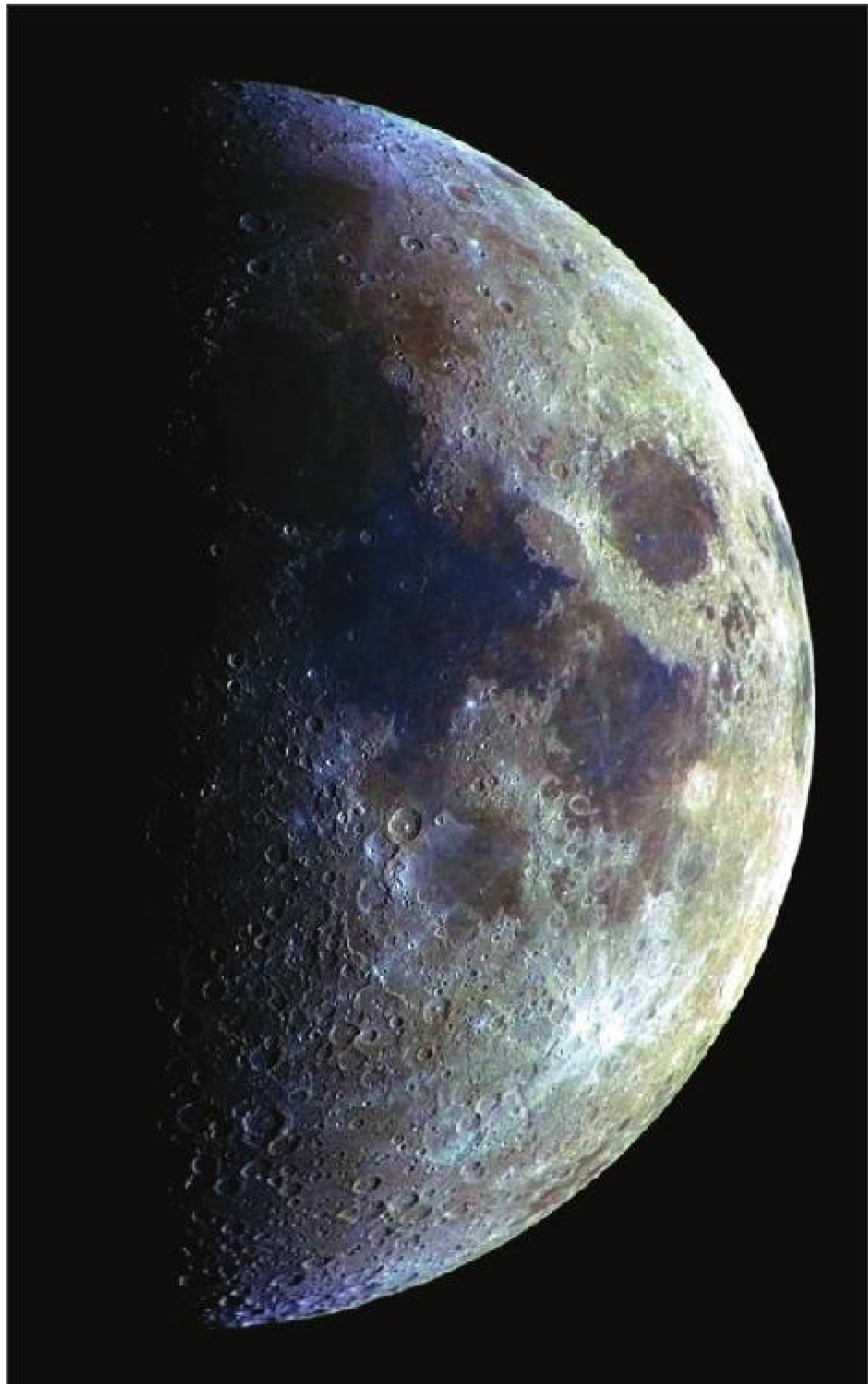


“娥眉月”

卡勒姆·潘宁顿，英国默西塞德郡圣海伦斯，2015年5月23日

卡勒姆：“这是我随手拍下的一张新月照片。由于我用的是反射式望远镜，所以图像在水平方向是反转的。为了拍下它，我不得不手动调整我手机的曝光设置。”

器材：智能手机上的相机，Sky-Watcher Explorer 130牛顿式反射望远镜，EQ2赤道仪，HookUpz 通用智能手机接口。

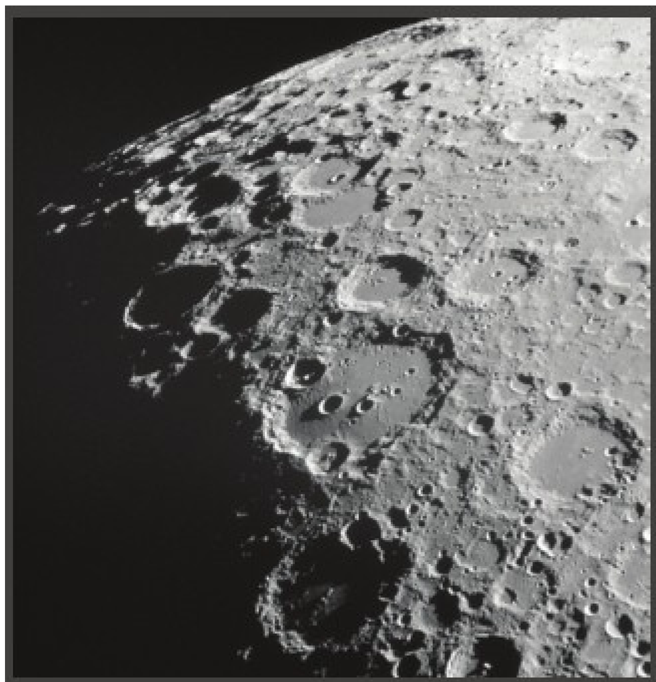


颜色饱满的月球

史葛·菲利普斯，南威尔士拉内利，2015年1月28日

史葛："我想用些不同的方式来编辑我的月球照片，我在网上看到一张令人惊叹的颜色饱满的满月照片，所以我决定在这张渐盈的月相照片上也尝试使用这种处理方式。"

器材：奥林巴斯E-450相机，Sky-Watcher Explorer 130 EQ2望远镜，13%月球滤光片。



月球的南极

科斯塔斯·卡里马夫西斯，希腊塞萨洛尼基，2009年7月15日

科斯塔斯："我特别喜欢这张照片中由于那天早上极佳的视宁度所带来的独特色调和清晰度。此时月球的天平动帮助我捕捉到了克拉维斯环形山不那么椭圆的样子。"

器材：佳能450D单反相机，Sky-Watcher Mak 180望远镜，HEQ5赤道仪。



月亮与木星

路易斯·阿格里奇，阿根廷，2012年11月2日

路易斯：“这真是一对漂亮的组合，在双筒望远镜中它们看起来更加美妙。我对月亮、木星和它的卫星采用了不同的曝光设置，之后合成出了一个高动态范围（HDR）图像。”

器材：佳能EOS 60D单反相机，Stellarvue SV80ED折射式望远镜。



飞跃月偏食的飞行轨迹

菲利普·科内尔，比利时，2013年4月25日

菲利普：“2013年4月25日，在当地时间22:10左右，月偏食达到了最大值。这时，月亮只向地球的影子——本影的中心移动了1.3%的角距离。”

器材：佳能EOS 600D单反相机，130mm消色差折射式望远镜。



月掩金星

安东尼·艾约玛，希腊雅典，2007年6月18日

安东尼：“金星的相位在望远镜的寻星镜里很容易分辨。此时，仅有3.5天大的月亮的相貌同样宜人，天空那浓郁的蓝色衬托着一弯窄窄的新月。”

器材：佳能EOS 300D单反相机，Astro-Physics 160mm F7.5 Starfire EDF望远镜，巴德红外截止滤光片。

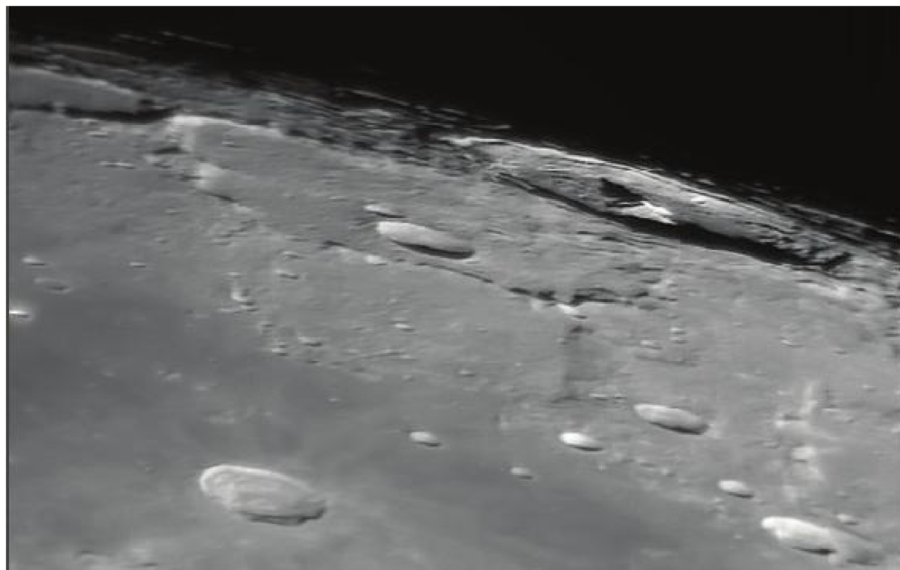


希吉努斯溪与特里斯纳凯尔溪

菲利普·威瑟斯，英国汉普郡拉姆西，2009年5月31日

菲利普：“我非常喜欢月球的这一部分，因为它在很近的距离内就显示出很多种不同的月貌特征，这其中就包括了裂谷、环形山链、山峦和平原，以及许多的小陨石坑。”

器材：映美精DFK 31 AU03相机，178mm米德 APO折射式望远镜，2倍的巴罗镜头。



毕达哥拉斯环形山

戴夫·莫尔顿，英国北威尔士，2008年12月

戴夫：“我觉得毕达哥拉斯环形山和它周围的地区非常有趣。该地区的总体地形再加上中心双峰和梯形墙，使我回忆起了让我小时候对天文学产生兴趣的月球图像。”

器材：Lumenera 075M相机，米德254mm SCT 望远镜，Sky-Watcher EQ6 Pro赤道仪。



月食

豪斯姆·科桑蒂尼，突尼斯，2015年9月28日

豪斯姆："凌晨1点5分至2点50分之间我在突尼斯市附近的宰格万拍摄了这张照片。3个月前我刚收到了我的望远镜，由于这是我第一次拍摄月食，所以我试着去享受这个过程，尽我最大的努力去拍摄它。考虑到月亮的亮度在月食期间是持续变化的，所以拍摄的主要困难是在调整曝光时间的时候必须非常仔细，以免曝光过度。"

器材：尼康D3000单反相机，Sky-Watcher N 150/750 Explorer牛顿反射式望远镜，EQ3-2赤道仪。



波希多尼环形山

李察·博斯曼，荷兰恩斯赫德，2008年9月18日

李察：“像波希多尼这样的大陨石坑总能令我着迷，它显示了熔岩那无比的破坏力，包围着它的澄海同样暗示了月面上那段动荡的历史。”

器材：映美精DMK 31 CCD相机，星特朗280mm SCT望远镜，2.5倍巴罗透镜。



哥白尼环形山

米克·海德，英国斯温顿，2008年12月7日

米克：“那一晚的视宁度实在是太糟糕了，但神奇的是我不仅拍到些东西，还拍到了哥白尼环形山上的一些细节。”

器材：星特朗235mm SCT 望远镜，2.5倍 Tele Vue Powermate增距镜，红色滤光片。



满月

史提夫·沃德，英国萨福克郡，2012年8月1日

史提夫：“我经常会惊讶于晴朗夜晚满月的光辉，它是如此明亮，连看书都没有问题。”

器材：佳能EOS 1000D单反相机，Sky-Watcher ED80 Pro折射式望远镜，1.8倍 巴罗透镜，EQ3-2赤道仪。

天体摄影教程新月的拼接照片

撰文：皮特·劳伦斯



由于仅需要很少的几个幅面就可以合成一张弯弯新月的图片，所以制作过程非常简单

考虑到我们几乎每个月都有机会拍摄这样一弯细细的月牙，所以在这里让我们来讨论一下如何创造出绘有这条银色光芒的拼接图片。

在新月之前，月亮恰逢其最细的时刻，所以这时的月牙是练手的一个好机会，可以帮助你将技巧磨炼得越来越完美。

你需要一台高速相机，用于拍摄拼接图内的各个幅面的相片。这种

相机基本可以看作一枚工业级的网络摄像头。它能够在短时间内拍摄很多张单幅或连续多幅的静止图像。这些图像通常被存储在视频文件当中，之后，根据需要可以将其“合成”为一张照片。然后，就像拼图一样，我们要将所有合成出来的照片拼凑在一起。利用一个基于图层编辑的图像处理软件，比如说Photoshop，将各个幅面调整组合，最终就可以得到一幅美丽的新月拼接照片。

在拍摄时，我们既可以使用彩色相机也可以使用黑白（单色）相机。但对于晨昏蒙影时出现的新月，最好考虑使用红色或红外带通滤光片。这样会有助于降低蓝天的亮度，使月亮更加突出。但由于这种使用单色滤光片的方式仅利用传感器的一个颜色通道，进而将降低彩色相机的效率，因此黑白单色相机是首选。

极简拼接

生成新月拼接图的一个最大的优势就是在创作过程中不会涉及过多的拍摄和处理工作。也不需要拍摄很多幅面，也就不需要进行很多次画幅位置的调整，进而也就不容易发生错过拍摄某个位置的风险。当月相处于明亮部分很窄的时候，通常一列彼此交叠的幅面就可以把月亮拍摄下来。

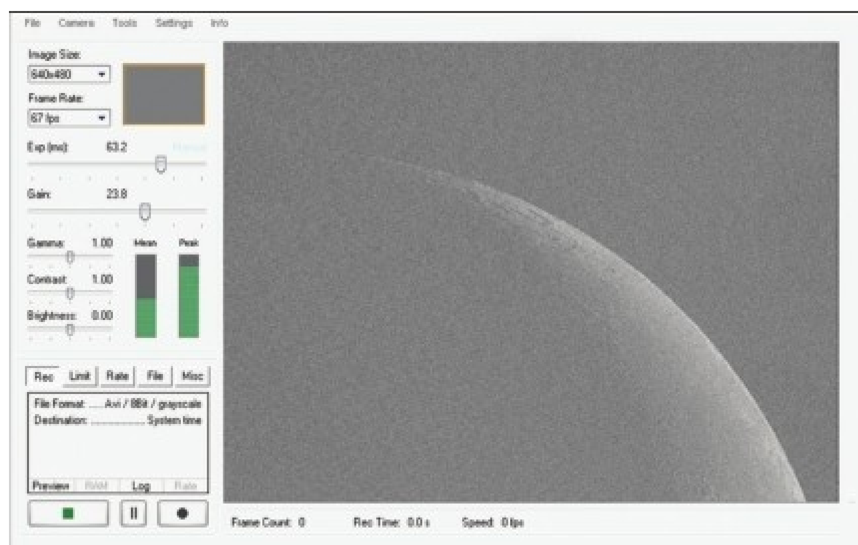
随着渐亏的月牙越来越窄，它们将在晨昏蒙影时分天空较低的位置处出现。这就是高速相机大显身手的时候。由于高速相机可以快速拍摄很多帧画面，将这些画面进行位置上的匹配、叠加后再取均值，就可以有效地降低在较低的地平高度时拍摄经常会遇到的较差的视宁度所带来的影响。

拍摄的要求相对简单，重点是要确保幅面之间要有一定的重叠，每幅图像也不能曝光过度。为渐亏的月牙图像进行画幅重叠的工作，比对黄昏时出现的渐增的月牙进行重叠的工作难度更大。这是因为渐亏的月亮明亮的部分其表面更加平滑，缺少可以用于识别位置的表面凹凸和阴影等特征。而在渐增阶段，月面明亮的部分包含大量可见的环形山，使定位工作变得相对容易得多。

确保在对渐亏的月牙拍摄时曝光不过度这一点也极具挑战。因为这部分月球表面的很多部分都是风暴洋的黑暗熔岩层。最大的挑战出现在最后1/4月相开始之后的大约3天。这时恰好可以看到并拍摄那明亮的阿里斯塔克斯环形山。它是月球面向地球一面上的最明亮的特征。但要拍摄它需要非常小心，一定要确保它没有被曝光过度。

追逐接近新月时的渐亏的月牙是天体摄影中非常有趣的内容。它上手相对容易，但又可以在其后不断加入新的内容进行挑战。随着不断地对月亮进行拍摄，你对它的了解也将逐渐深入，因此这一拍摄项目绝对不容错过。




File
Camera
Tools
Settings
Info
Image Size:
640x480
Frame Rate:
Exp (ms):
63.2
Gain:
23.8
Gamma:
1.00
Contrast:
1.00
Brightness:
0.00
Mean
Peak
Rec
Limit
Rate
File
Misc
File Format: ..... Avi / 8Bit / grayscale
Destination: .... System time
Preview
Log
Frame Count: 0
Rec Time: 0.0 s
Speed:

Canvas Size

Current Size: 1.70M

Width: 22.15 cm

Height: 16.65 cm

New Size: 6.36M

Width: 150 percent

Height: 250 percent

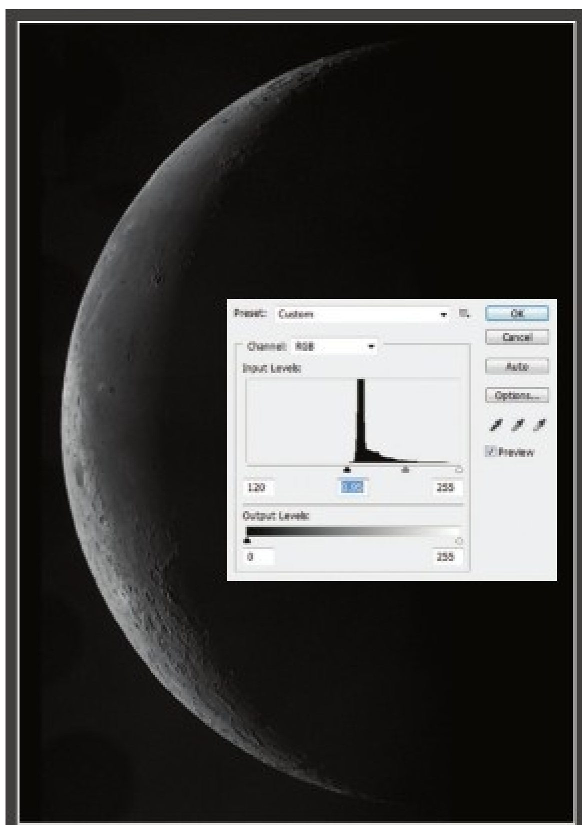
Relative

Anchor:

Canvas extension color: Other...

OK

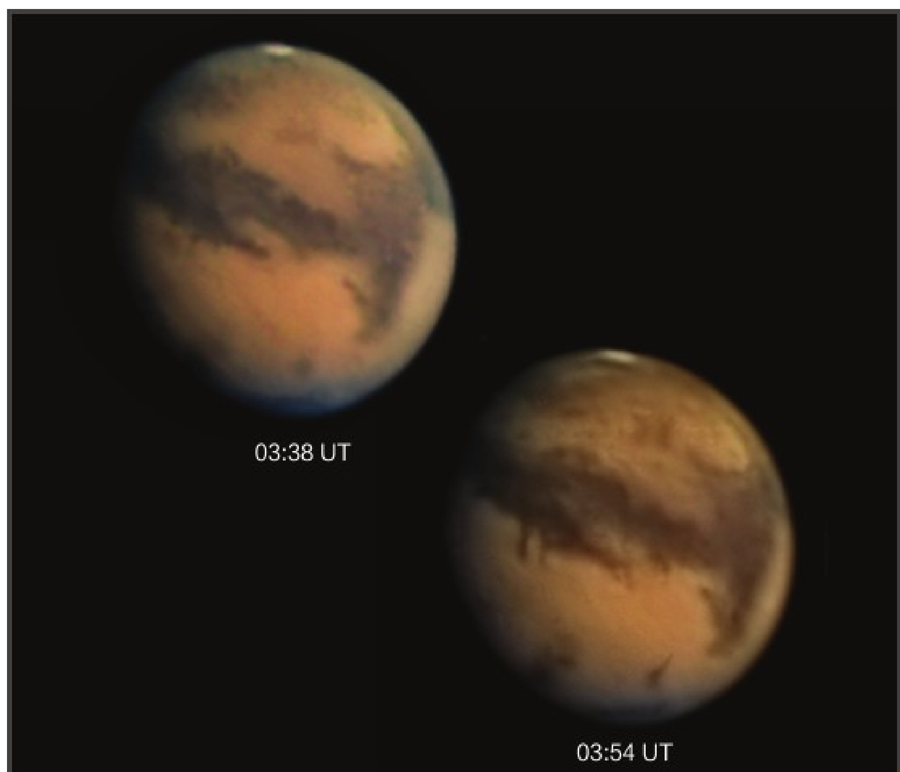
Cancel


Preset: Custom
OK
Cancel
Channel: RGB
Input Levels:
Auto
Options...
Preview
120
255
Output Levels:
0
255



行星和彗星

行星这个名字起源于古希腊表征“游荡的星星”这一词语。一直以来，人们观测到这些天体与天上的其他天体的运动都有所不同，就像地球在环绕太阳一样。尽管它们大到足够在重力的影响下成为圆形，但却并没有大到足以爆发成为恒星。行星一定已经在它们的轨道上清除了其他的弱小天体，赢得今天自己所在的位置。彗星是太阳系中真正的漫游者。它们不像行星一样常常可以被我们直接看到。这些冰块和碎石的集合体可以在巨大的轨道上运行。它们曾经被视为天空中厄运的征兆。它们有着气体尾流，为业余天文学家或天文摄影师提供了一个很好的拍摄目标。



火星

戴夫·亨特，英国约克，2005年9月24日

戴夫："我用的是自制望远镜。虽然当天的皮克韵视宁度在2/10～5/10间不断变化，但天气晴朗，观测条件非常稳定，天也很冷，气温在3摄氏度。"

器材：Atik 1HS相机，254mm F9.4带Orion Optics部件的牛顿望远镜，3倍Tele Vue 巴罗镜头



土星的5年

汤姆·霍华德，英国萨塞克斯，拍摄历时5年，结束于2015年4月15日

汤姆："这幅合成图展示了土星从2011年（左上）至2015年（右下）期间从地球看过去土星不断增大倾角。这张合成图还记录了在这5次拍摄中我在望远镜和照相机的使用、成像技术，以及行星拍摄水平方面的进步。"

器材：星特朗Skyris 618C CCD相机，星特朗 C11施密特-卡塞格林望远镜，EQ6赤道仪。



彗星C/2012...S1...ISON

劳伦斯·邓恩，英国南安普顿，2013年11月19日

劳伦斯：“当我在凌晨5点30分开始拍摄时，伊森彗星在地平线上方的高度只有5度左右，直到黎明到来时也仅爬升了几度。不仅如此，天空中还有一个几乎达到满月的月亮，但好在没有云！这是我第一次尝试拍摄彗星，考虑到对它拍摄时那些别具特色的挑战，我也不认为这将是我最后一次拍摄彗星。其中一个挑战来自于图像的后期处理，这也是我需要改进提高的方向之一。不过无论如何，彗星摄影非常有趣！”

器材：Atik 460EX单色CCD相机，Takahashi FSQ-106折射式望远

镜，Astro-Physics AP 900 GTO赤道仪。



洛夫乔伊彗星

李斯特·巴尼斯，澳大利亚林肯港，2011年12月23日

李斯特："这是我在对夜空感兴趣的45年间看到的第二亮的彗星，该彗星从12月23日到12月30日其长度从15度拉长到30度。"

器材：佳能20Da单反相机，赤道仪。



木星

吉姆·瑟斯顿，英国伦敦，2012年11月19日

吉姆："这张照片拍摄于我自己的天文台。那个晚上的天气一开始很糟，但在午夜钟声响起之后便开始好转。"

器材：映美精DMK 21AU618.AS CCD相机，星特朗235mm施密特-卡塞格林望远镜，Astronomik RGB滤光片。

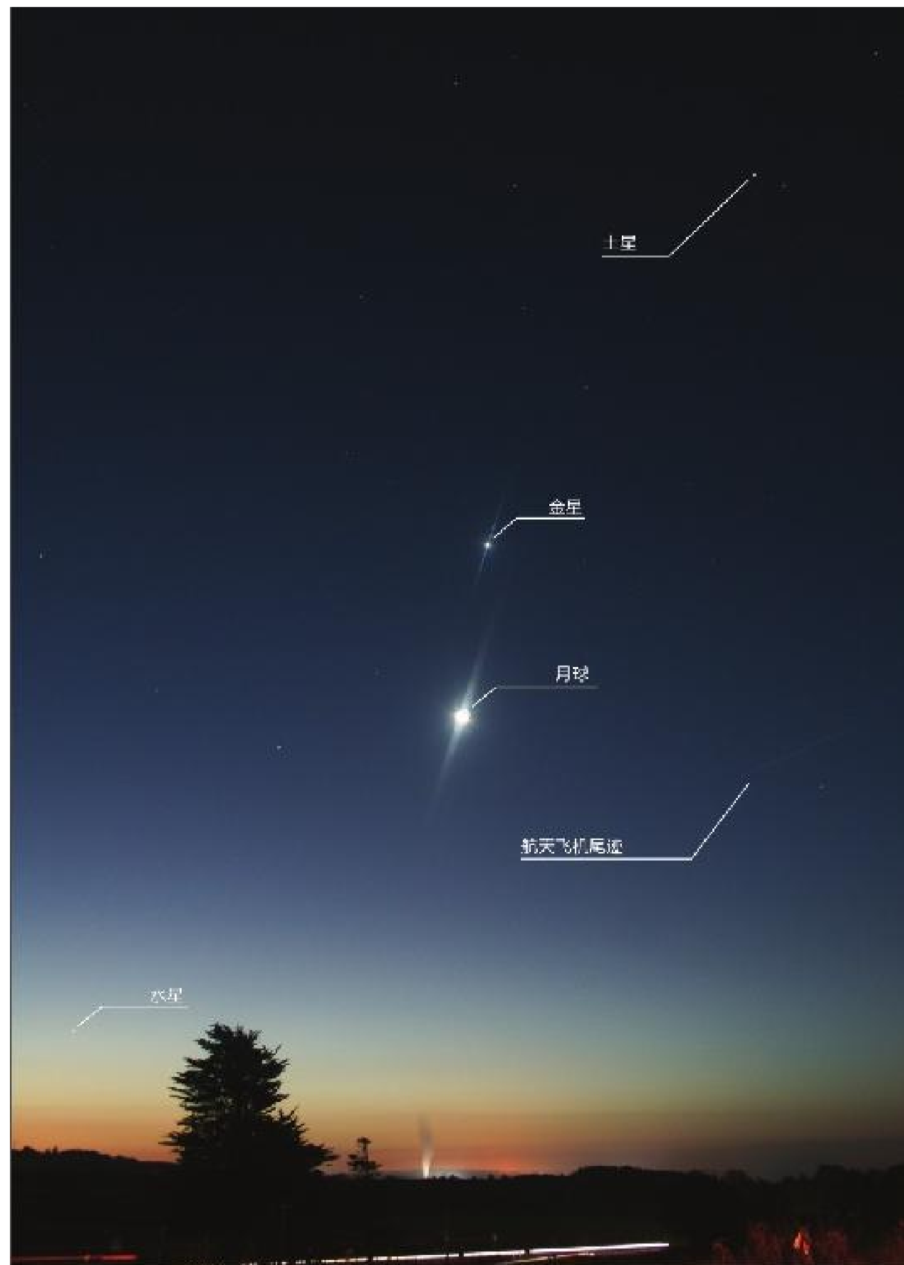


金星变化的尺寸

戴夫·格拉德韦尔，爱尔兰近比尔，2007年3月15日和7月23日

戴夫：“这张照片显示了金星的尺寸在2007年间变化了有多少。图中较小的金星是在3月15日拍摄的，当时其盘面直径仅有12角秒。图中尺寸更大的金星拍摄于7月23日，这时其盘面直径高达44角秒。”

器材：Lumenera SkyNyx 2-0 CCD 相机，星特朗CG-11 望远镜。

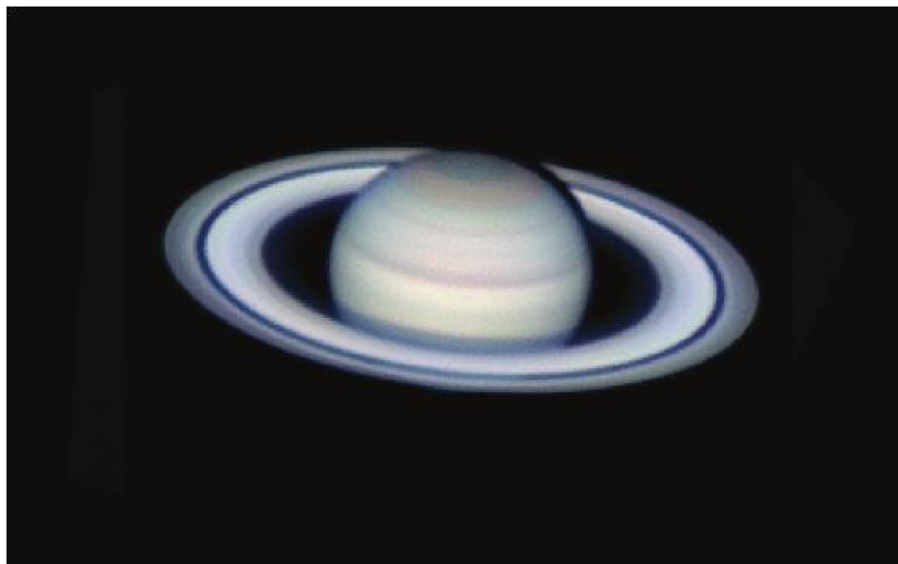


水星，月亮，金星，土星与航天飞机

弗兰克·瑞安，爱尔兰香农，2007年11月6日

弗兰克：“在拍摄的10秒曝光时间内，地平线上燃起的那团火使相机在对月球和金星同时成像时出现了一些特殊的效果。我觉得图中发现号航天飞机的尾迹也很有趣。当航天飞机重返地球时，高速公路上的上班族正赶赴工作地。”

器材：佳能EOS 350D单反相机。



土星

杰米·库珀，英国北安普敦，2005年2月7日

杰米："这幅图像采用了R、G和B三色滤光片来获得土星的真彩色图像。我利用Registax对不同图像进行叠加，并用PS图像处理软件进一步对图像进行了处理。"

器材：Atik 1-HS相机，Orion Optics 254mm SPX 牛顿式望远镜。

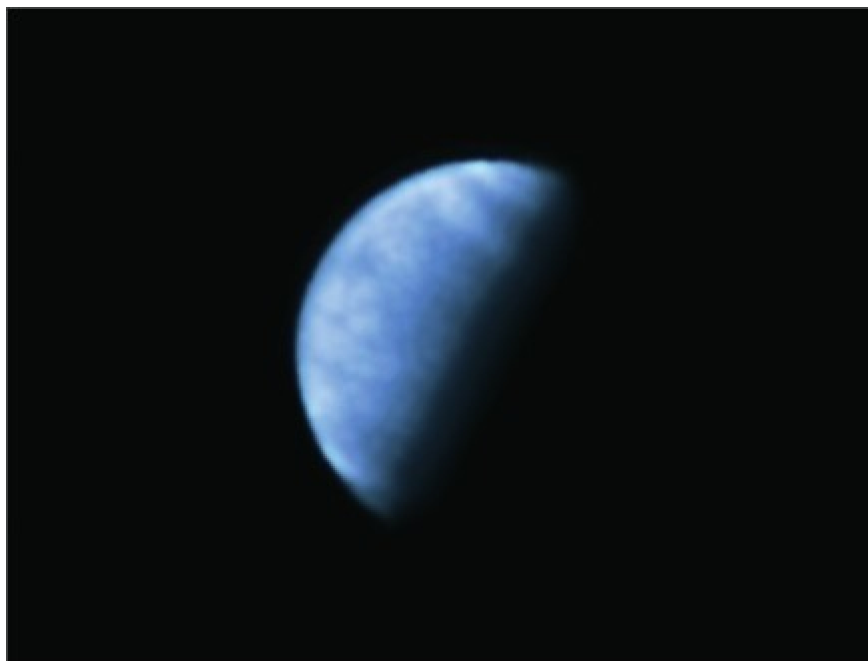


金星

布鲁斯·金斯利，巴巴多斯，2006年4月15日

布鲁斯：“我一直想看到金星上的云。这张照片是在去巴巴多斯度假的时候拍摄的，那里的条件非常适合进行行星拍摄。”

器材：Atik 1HS CCD 相机，星特朗 C11望远镜和紫外滤光片。



洛夫乔伊彗星

杰姆斯·科德，英国北爱尔兰唐郡，2013年12月4日

杰姆斯：“由于当时大家都在关注艾森彗星，所以我一开始把洛夫乔伊彗星给忽略了。但当我终于把它拍摄下来的时候，它的美让我着迷。”

器材：佳能EOS 5D MK III单反相机，76mm ED折射式望远镜。

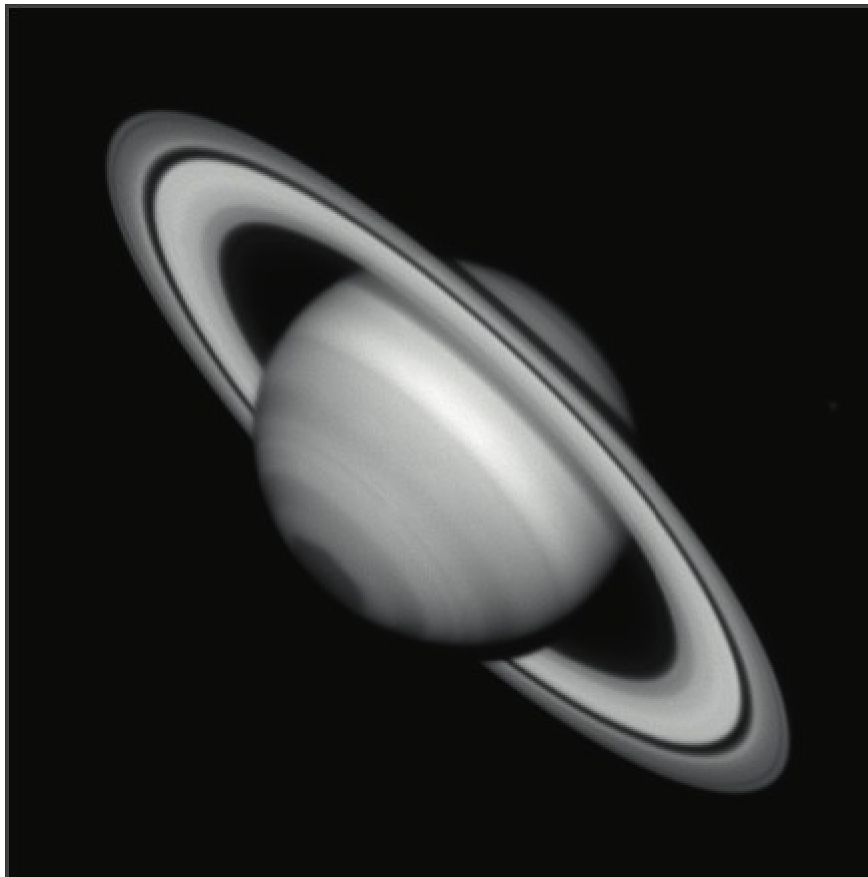


火星

安东尼斯·潘特利迪斯，希腊，2005年10月25日

安东尼斯：“火星表面上的许多可识别的细节在这张照片中都清晰可辨，比如大瑟提斯高原地区和蓝色的北极，后者之所以在图像的底部是因为望远镜成像是上下颠倒的。”

器材：飞利浦 Toucam Pro 840摄像头，Takahashi Mewlon 210mm反射式望远镜，2倍Tele Vue 巴罗透镜。



土星

马克·德罗克利克斯，法国，2013年6月30日

马克：“通过1000倍的目镜所能看到的景象实在是太壮观太神奇了，土星环的细节被精美地呈现出来。”

器材：ZWO ASI120MM CCD相机，1060mm望远镜，Pic du Midi天文台。

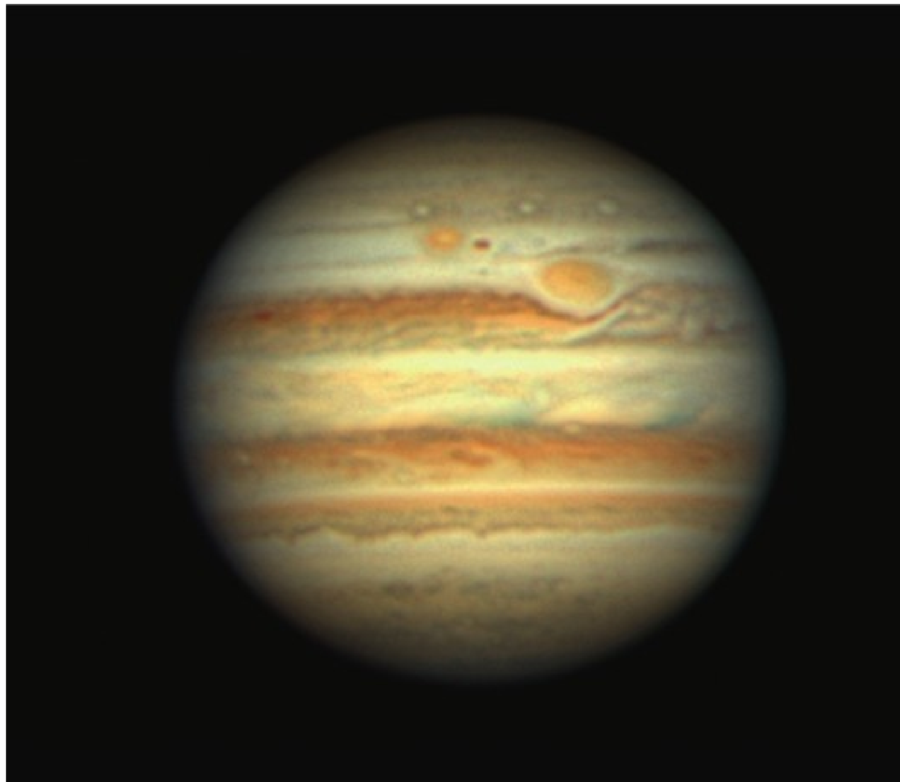


木星

特鲁伊·特朗特，澳大利亚库里库里，2010年9月11日

特鲁伊："我喜欢这张照片所拍摄到的木星上的那些细节和颜色。土星上的一些细节，如垂饰、南赤道带和白长圆形看起来真的很棒。这也是我第一次比较好地拍摄到了木卫二。"

器材：SKYnyx 2-0m CCD相机，星特朗C9.25 235mm施密特-卡塞格林望远镜。

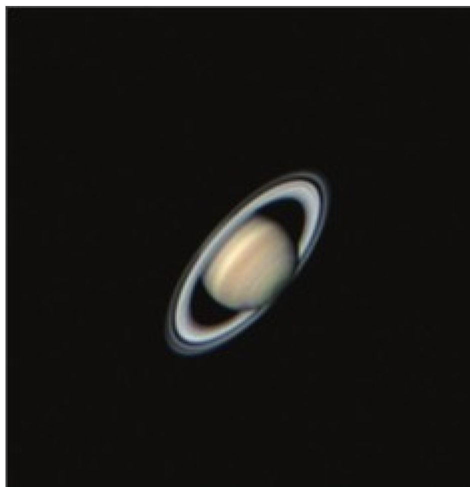


木星

丹尼斯·博恩，英国萨福克郡，2012年11月23日

丹尼斯："这是几个星期以来第一个晴朗的夜晚。由于木星已经接近对立面，所以这是一个拍摄它的好机会。我特别喜欢这张照片，它展示了木星的大红斑和小红斑。它们的位置也很棒，赤道带上也有很多的细节。"

器材：映美精DFK 21AU618.AS CCD相机，Orion Optics OMC200马克苏托夫-卡塞格林式望远镜，2倍Tele Vue Powermate增距镜。

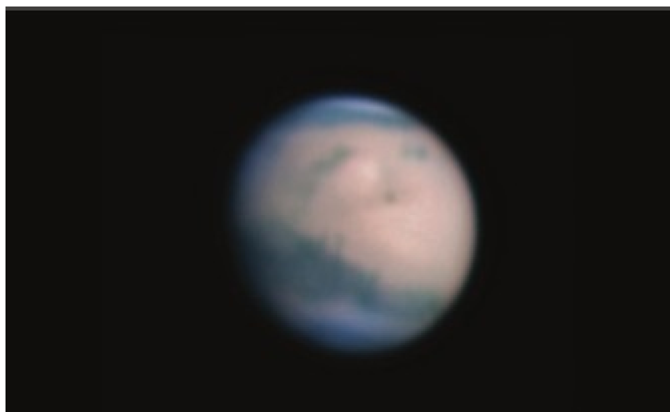


土星

罗纳德·皮亚琴蒂，巴西，2015年12月6日

罗纳德："拍摄这个图像如此容易令我非常惊讶，这是我第一次用这台望远镜进行行星拍摄，但最后的结果让我非常高兴。"

器材：ZWO ASI120MC单色相机，2倍GSO 巴罗透镜，星特朗 C6 XLT施密特-卡塞格林式望远镜，Sky-Watcher HEQ5 Pro SynScan赤道仪。



火星

埃德·桑普森和特里沃·李特，英国西萨塞克斯，2008年2月1日

埃德："我们喜欢火星。因为你只需要一个简单的摄像头，就可以从这颗行星上拍摄到一些细节。在这张照片拍摄时，已经过了拍摄它的最佳时间好几个月。这时它的直径只有大约11角秒。"

器材：单色Toucam 摄像头，380mm 反射式望远镜，Astronomik RGB滤光片，Astronomik红外滤光片。



彗星...**17P**/福尔摩斯

皮尔-马格努斯·海德恩，瑞典瓦伦蒂纳，2007年11月7日

皮尔-马格努斯："为了拍摄福尔摩斯彗星，我半夜就起床了。尽管存在一些光污染，我还是设法拍摄到了一些彗尾的轨迹，大部分都在蓝色通道（RGB通道）里。"

器材：佳能EOS 350D单反相机，Orion 80ED折射式望远镜，NexStar 11赤道仪，IDAS光害抑制滤光片。

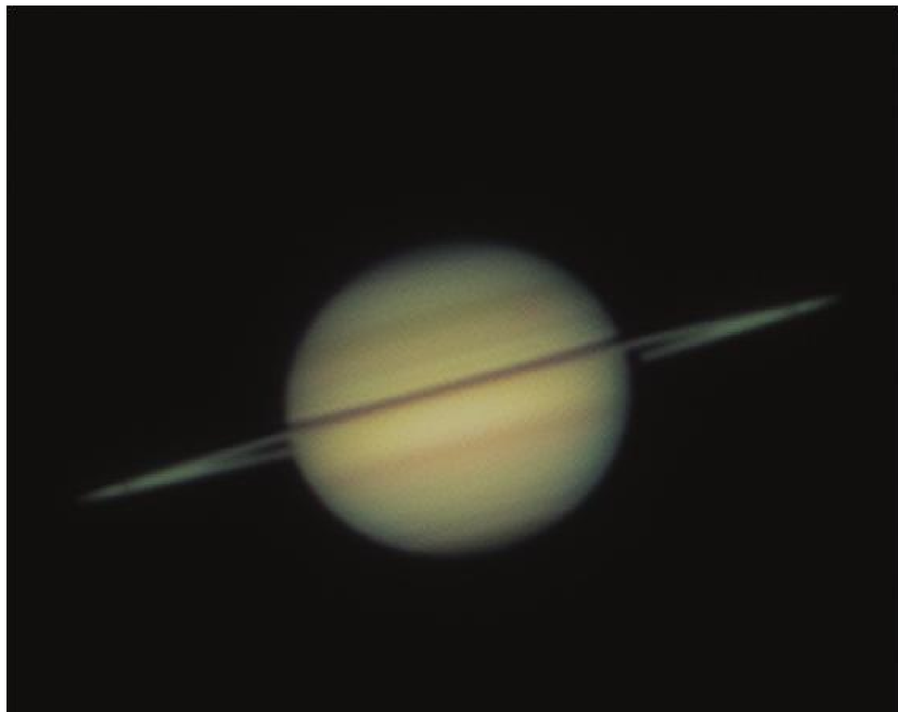


天鹅彗星

史提夫·奈特和菲尔·里德，英国汉普郡，2006年10月24日

史提夫和菲尔：“当我们用80秒曝光时间拍摄这颗彗星的时候，并没有想到仅凭CCD相机自己的软件在将照片处理后就可以生成如此壮观的景象。”

器材：Starlight Xpress SXVM25C CCD相机，600mm牛顿式望远镜。



土星

米克·海德，美国斯温登，2009年2月14日

米克：“我想从侧面拍摄土星的环，所以拍摄了这张照片。由于土星非常昏暗，这并不容易。我必须等到它在天空中上升到一定高度后，减少了光在大气中传输的距离，进而亮度更高的时候才能进行拍摄。”

器材：映美精DMK 21AF04.AS单色CCD相机，星特朗 235mm SCT望远镜，3倍 Tele Vue巴罗透镜，Astronomik L-RGB滤光片。



泛星彗星C/2011...L4

肯·弗纳，英国德文郡毕谢普的陶顿，2013年3月18日

肯："这是一个非常令我满意的夜晚，我用双筒望远镜观赏了泛星彗星C/2011 L4，当它下降的时候我拍摄到了这张可爱的照片。"

器材：佳能EOS 350D单反相机，腾龙28-300mm镜头，焦距为119mm。

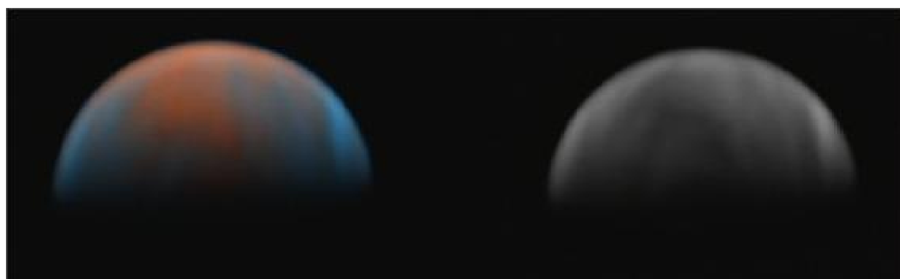


木星

西蒙·基德，英国韦尔温，2011年7月11日

西蒙：“在去年南赤道带消失之后，能够看到它再次恢复到接近‘正常’的状态真是太好了。”

器材：Point Grey Flea 3 CCD相机，星特朗356mm施密特-卡塞格林望远镜。



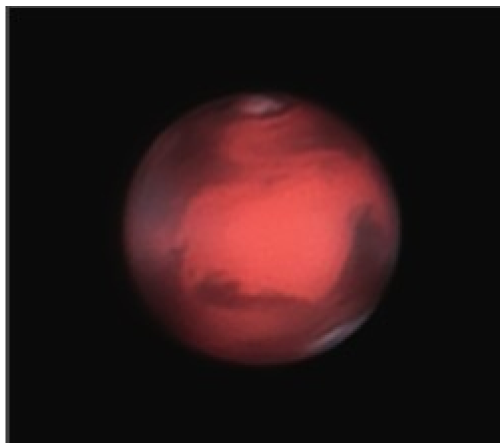
金星上的云

尼尔·菲利普斯，英国埃塞克斯郡，2012年3月11日

尼尔：“我特别喜欢这张照片中云层的复杂结构。那天晚上的视宁度很好，可以将它们拍摄得非常清楚。”

器材：映美精DMK 21AU618.AS CCD相机，245mm牛顿反射式望远镜，NEQ6赤道仪，3倍Antares 巴罗透镜，Astronomik ProPlanet IR

742 and Astrodon UV-Venus滤光片。



火星

托尼·金，英国沃金，2014年4月15日

托尼：“我买了一台二手望远镜。这是我用它拍摄的第一幅火星照片。新装备到来时总会有很多东西需要学习，但我对最终照片所呈现出来的细节非常满意。”

器材：ZWO ASI120mm CCD相机，星特朗 C11望远镜，Sky-Watcher NEQ6 Pro赤道仪。



土星

伊恩·夏普，英国西萨塞克斯汉姆，2005年12月20日

伊恩：“那天晚上的观测条件非常好，这是我用望远镜观测到的35

年来视觉效果最棒的土星。”

器材：Atik 1HS CCD相机，星特朗 C-11望远镜。



艾森彗星C/2012...S1

西蒙·威尔逊，英国巴克威尔，2013年11月15日

西蒙："我很高兴拍摄到美丽星光背景衬托下彗星的美丽绿色，上面还有一些细细的绒毛。"

器材：Atik 460EX CCD相机，高桥FSQ85折射式望远镜，Sky-Watcher NEQ6赤道仪。

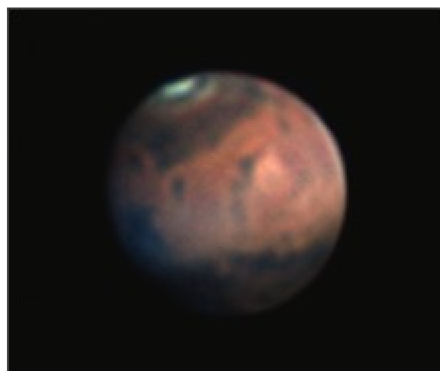


土星

戴夫·汤普森，英国达勒姆郡康塞特，2008年4月13日

戴夫："我喜欢这张照片，因为它是我拍摄得最好的土星照片。而且，在拍摄过程当中，经历了那么多视宁度不好的夜晚后还能拍到这张照片，绝对是一次胜利。对于一张RGB拍摄的照片而言，我觉得它的颜色也很自然。"

器材：映美精DMK 21AU04 CCD相机，星特朗 C11望远镜，Sky-Watcher EQ6 SkyScan赤道仪。



火星

乔恩·邦庭，美国诺福克，2012年4月7日

乔恩：“我喜欢拍摄火星是因为看到的就是它的行星表面。这与在观测木星和土星时仅能看到包围它们的云层不同。”

器材：映美精DMK 21AU 618.AS CCD相机，Tal 200K克列佐夫-卡塞格林望远镜，3倍巴罗透镜。



木星

保罗·威廉姆森，阿布扎比，2015年12月28日

保罗：“因为以前自己有一台C8望远镜，为了看看C11和它光圈的区别所带来的效果，我就借了一台朋友的C11望远镜。它给我留下的印象实在太深刻了，所以我也升级了自己的望远镜。”

器材：映美精DMK 21AUG618 USB 2.0单色工业相机，星特朗C11-A XLT（CGE）望远镜，2.5倍 Tele Vue Powermate增距镜，巴德尔RGB滤光片。



艾森彗星C/2012…S1…

克利福德·斯普恩和特里·美国俄亥俄州，2013年10月11日

特里：“10月11日的早晨，我的好朋友克利福德和我拍摄到了艾森彗星。当时，它正穿过狮子座，高度很低。在这张图片中，你也可以看到其他一些非常小的星系。你可以试试看到底能数出多少个这样小小的模糊团。克利福德负责拍摄彗星，我负责设备校准、图像叠加和后期处理。”

器材：QHY9单色CCD相机，TEC APO 140ED F7折射式望远镜，Paramount ME 德式赤道仪。



卡塔里纳彗星**C/2013...US10**

乔斯，萨丁·斯布林，澳大利亚，2015年10月1日

乔斯："这是彗星在南半球天空消失之前我拍摄到的最后一张照片。在这幅宽视场图像中，你可以看到散发着绿色光芒的彗发，它是来自半人马座和豺狼座之间的二价碳的气体所发射出的荧光。"

器材：FLI微线ML16803单色CCD相机，高桥FSQ-106ED F5.0 APO折射式望远镜。



木星及其卫星

约翰·肖特，英国泰恩和维尔郡，2014年11月22日

约翰：“这张用单反相机拍摄的照片显示了木星和它的3颗卫星。”

器材：佳能EOS 6D单反相机，星特朗 8SE望远镜。



木星、艾奥（木卫一）、欧罗巴（木卫二）和盖尼米得（木卫三）

哈维·斯科特，英国埃塞克斯郡，2016年1月1日

哈维：“这张照片是在我的埃塞克斯天文台拍摄的，拍摄时间是元旦那天早上的5点10分。我在约100倍的放大倍率下观察木星，研究如何看到木星表面上的更多细节。就在那时，我意识到这是一个超出了我期望的更为特别的夜晚。实际上。我对此时木星和它卫星所处的位置，即使没有处在冲日的位置所呈现出的效果也感到非常满意。我希望当它下回大冲的时候，我们也能有与这天相似的运气。”

器材：ZWO ASI224MC USB 3.0电制冷彩色CMOS相机，星特朗Edge HD施密特-卡塞格林望远镜。

天体摄影教程拍摄大冲时的火星

撰文：皮特·劳伦斯



你得到的最终图像，将会显示出这颗红色行星表面上的那些巨大的反照率特征

就实用天文学而言，火星非常有趣。在长达几个月的时间里，它都暗暗地“潜伏”在天空中最不起眼的角落里。然后短暂地回到人们的视野，之后又会再次消失在天空背景中。

大冲是观察和拍摄火星的最佳时间。火星在2016年5月曾经到达过这个位置，并将在2018年7月再次回到这个位置。在本文中，我们将一

起来看看如何用单色高速相机和一套RGB成像滤光片对这颗行星进行拍摄。

火星是我们所能见到的与地球最为相似的世界，因为其上有着与地球类似的表面特征和天气现象。从地球上，我们可以看到这颗行星表面那相较地球更为明亮的沙漠、颜色更为黑暗的岩石以及那闪闪发光的极地帽，它们被称为“反照率特征”，它们之所以可见，就是因为它们和相邻区域对光线的反射率（反照率）有着明显的不同。

由于我们距离火星非常遥远，所以从地球上看，那些像环形山/陨石坑、山脉和山谷的特征就很难被拍摄出来。这些特征的视尺度太小。我们称它们为“浮雕”特征。这类特征能够被看到，主要是因为它们的阴影可以反映出它们高度的变化，就像月球晨昏线附近的结构所产生的阴影一样。从地球上看，火星上的阴影实在是太微小，很难被我们观察到。所以，拍摄火星的人最感兴趣的是基于反照率的特征而不是浮雕特征。

使用单色高速相机和RGB滤光片，火星的反射率就会变得非常有趣。其原因是，在拍摄火星时，透过绿色滤光片所能得到的“信息”，并不比单独用红色和蓝色滤光片所获得的图像信息能多出多少细节。我们就可以利用这个令人惊讶的现象，来克服在用RGB三通道为像火星这样相对快速旋转的行星拍摄时经常遇到的一个大问题：如果花太长时间来拍摄一个图像集，最终彩色图像可能会因为行星自身的旋转而变得模糊。正因为这个问题的存在，通常你需要在不到5分钟的时间内完成整个图像序列的拍摄。这对于彩色相机来说可能并不太难，但当你使用多个滤光片拍摄时，时间就有些不够用了。

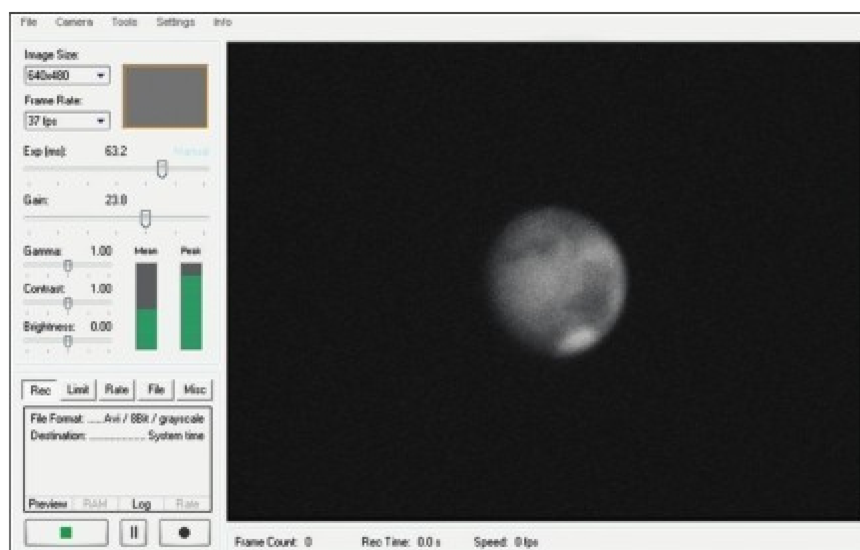
如何进行绿色的处理

我们可以利用一些先进的图像处理技术，例如反旋转，来解决行星旋转造成的运动模糊。但这里还有一个更为简单的解决方案，关键就在于我们如何得到绿色滤光片所能拍摄到的表面细节。很简单，首先，我们干脆就放弃使用绿色滤光片去成像。这听起来也许很疯狂，但实际上，我们用绿色滤光片拍摄到的图像，也可以由红色和蓝色滤光片拍摄到的结果进行后期合成获得。最终合成出来的彩色图像，看起来与使用一套完整的RGB滤光片所达到的效果几乎相同。同时，由于在拍摄的时候可以减少一个滤光片的拍摄，就可以大幅减少拍摄整个图像序列所需的时间。

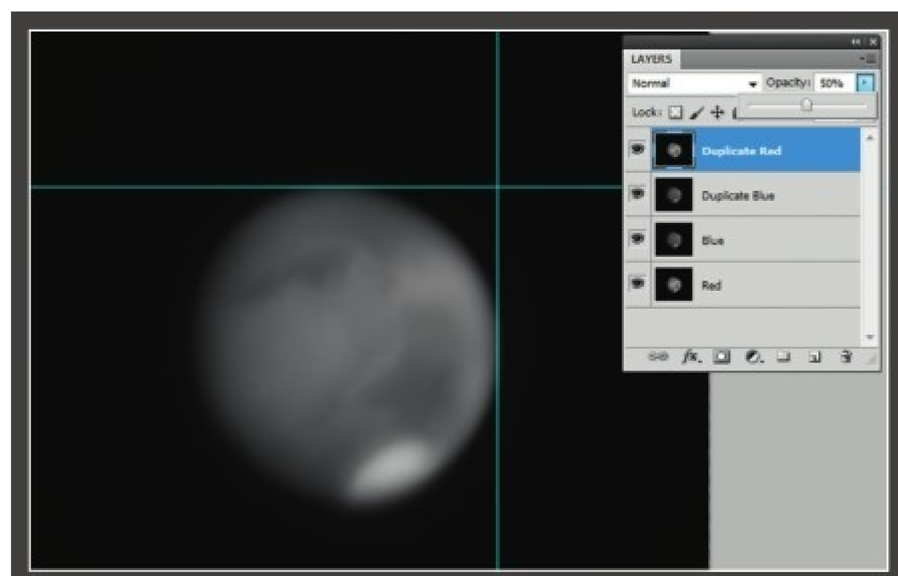
生成一个合成的绿色图像也使拍摄过程更为顺畅，你甚至可以生成一个平滑的火星图像序列，将它们做成动画进行演示。例如，假设你在拍摄时，更换滤光片的顺序是RBRBRB，你就可以用第一组RB两张图合成出R（G）B彩色图像——其中括号G表示绿色是合成出的通道。然后使用第一组BR生成第二个B（G）R彩色图像。之后再使用第二组RB生成第三个R（G）B彩色图像。以此类推。只要每两个R（G）B图像所对应的时间间隔足够短，把它们放在一起就可以产生平滑的动画效果，见识到这个迷人的世界是如何旋转的。

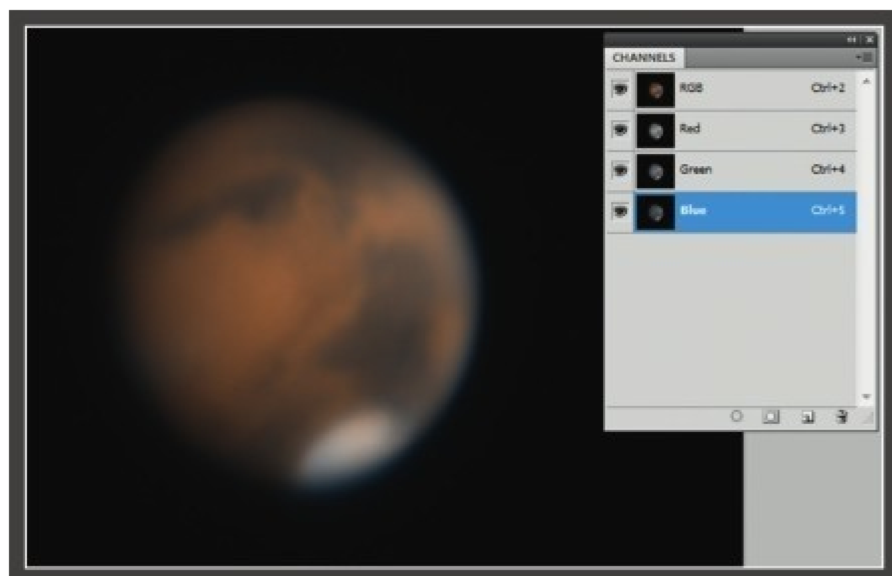
分步指南

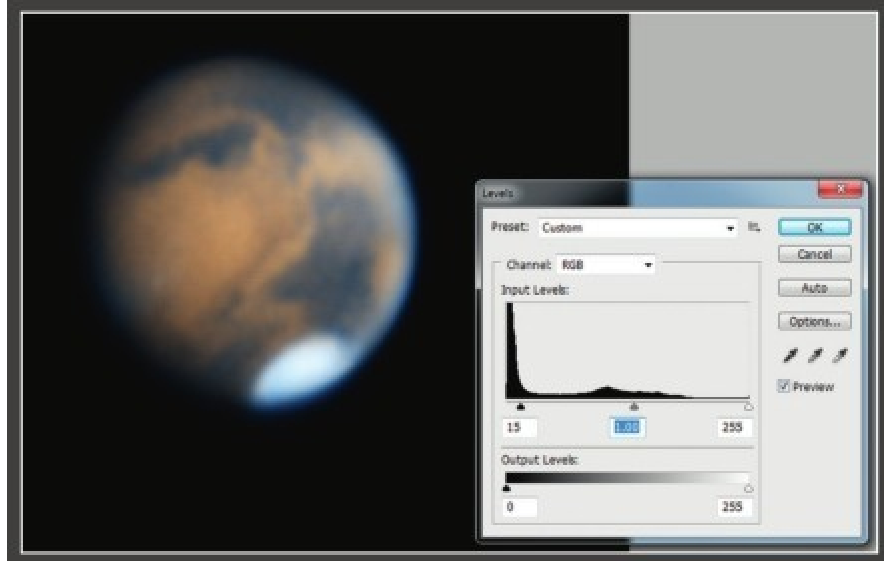



File
Camera
Tools
Settings
Info
Image Size:
640x480
Frame Rate:
37 fps
Exp (ms):
63.2
Gain:
23.8
Gamma:
1.00
Contrast:
1.00
Brightness:
0.00
Mean
Peak
Rec
Limit
Rate
File
Misc
File Format: ...... Avi / 8Bit / grayscale
Destination: .... System time
Preview
RAH
Log
Rate
Frame Count: 0
Rec Time: 0.0 s
Speed: 0 fps


Select
MRU
Flat/Dark/Reference
Tools
Settings
Cancel
Pause
About
Align
Stack
Wavelet
Process
Do All
Save Image
Show Full Image
Show Processing Area
Wavelets
Reset Wavelets
Automatic
Linear
Gaussian
Denoise
Sharpen
Layer
Preview
Available schemes


LAYERS
Normal
Opacity:
50%
Lock:
Duplicate Red
Duplicate Blue
Blue
Red


CHANNELS
RGB
Ctrl+2
Red
Ctrl+3
Green
Ctrl+4
Blue
Ctrl+5


Levels
Preset: Custom
OK
Cancel
Auto
Options...
Preview
Channel: RGB
Input Levels:
15
255
Output Levels:
0
255

恒星和星云

星云的名称源自拉丁语中的“云”这个词。星云是尘埃、氢、氦或其他电离气体的星际混合。许多星云都被嵌在其内的恒星所照亮。它们也通常是恒星形成的区域，例如鹰星云中的创生之柱。在这里，气体和尘埃在重力作用下聚集在一起，形成更密集的区域（星云的平均密度低于地球上的许多人造真空环境），最终它的密度将大到足以形成恒星、行星系统和其他天体。其他的一些星云，如金牛座的蟹状星云，是在超新星爆发时被吹开的恒星的残骸，它们仍然在以极高的速度扩张。



心脏星云与灵魂星云

法比·安奈尔，瑞士哥索，2010年9月和10月

法比：“我花了10个晚上拍摄了254张照片来生成这幅图像。曝光时间总计55.7小时。对于这张图片的创作，我有两个特别的目标：我想通过展示周围微弱的氢α发射，来赋予这两个著名的星云一个新的面貌；

此外，我想给予这个图像一个更为深色的色调，以显示该地区的许多反射星云。”

器材：SBIG STL-11000M CCD相机，Tele Vue NP101is APO折射式望远镜，Astro-Physics 900GTO赤道仪，Baader HaRGB滤光片。



马头星云

里克·佩斯，英国埃塞克斯郡，2008年11月

里克：“我一直想拍一张像样的马头星云的照片，但结果都不令人满意。这是我拍到的最好的一张。这次拍摄用了我几个晚上，其间曾有几个多云的夜晚，考验了我的耐心和毅力。”

器材：SBIG ST-2000XM CCD 相机，米德 127 ED折射式望远镜，Losmandy G11 赤道仪。



昴宿星团

鲍勃·弗兰卡，美国亚利桑那州，2013年1月

鲍勃：“这个冬季我总共用了8个晚上收集到670分钟昴宿星团的LRGB数据。昴宿星团可能是天空中最著名的星团，最好用双筒望远镜或小型望远镜来观测它。”

器材：SBIG STF-8300M CCD相机，高桥106ED望远镜，巴德尔LRGB滤光片，Losmandy G11赤道仪。



M8，泻湖星云

山姆·莱斯克，新西兰，2010年7月4日

山姆："我真的很喜欢这幅图，在其中可以看到星云外围的部分，并且密集明亮的中心部分还显示出了相当多的细节。这真是夜空中迷人的一个地方。"

器材：改装的佳能EOS 1000单反相机，Sky-Watcher 250PX 254mm 反射式望远镜，EQ6 SynTrek赤道仪。



M42，猎户座星云

安娜·莫里斯，英国萨福克郡，2013年12月5日

安娜："这张照片显示了猎户座周围聚集的尘埃，以及那些仅通过目

镜根本无法观察到的这片区域里的丰富颜色。同时它也证明了：即使观测设备有限，只要肯花时间，有耐心，你就可以拍摄到天空美景。”

器材：尼康D7000单反相机，Orion EON 80ED望远镜。



NGC 2237，玫瑰星云

克里斯·哈比，英国麦克莱斯菲尔德，2015年12月31日

克里斯：“玫瑰星云相当大，很难用一个探测器把它一次拍摄下来。我原定计划拍摄一个三通道的哈勃合成图，但恶劣的天气却使这个想法无法付诸实现。所以最终的图像仅由OIII和Ha两个通道组成，并以双色图像进行合成。”

器材：Moravian G4-16000 CCD相机，Tele Vue NP127is 折射式望远镜，10-Micron GM2000 HPS赤道仪。



NGC 7635，气泡星云

克里斯·格里默，美国诺福克，2014年1月5日

克里斯：“我于2014年1月拍下了这张照片，但我一直在尝试不同的后期处理方法，希望使其达到令我满意的程度。再积累了一年的经验之后，我终于得到了一张满意的照片！”

器材：星光Xpress SXVR-H694 CCD相机，William Optics GT-81望远镜，Sky-Watcher HEQ5 Pro赤道仪，巴德尔Ha,OIII and SII滤光片。



NGC 6979，皮克林的三角刷

伊恩·金，英国肯特，2005年8月26日

伊恩：“我使用了窄带滤光片，将H-α、OIII和SII分别分配到RGB通道。”

器材：星光Xpress SXV-H9 CCD相机，天顶星80折射式望远镜。



NGC 5139，半人马座

帕布罗·维拉·蒂斯纳多，智利圣地亚哥

帕布罗：“这个球状星团距离地球大约16000光年，它是天空中最亮的球体，包含大约1000万颗恒星，直径约为150光年。中央恒星彼此之间的距离估计只有0.1光年。”

器材：佳能EOS T3i单反相机，Orion 200mm F3.9望远镜。



NGC 7000，北美星云

马丁·普，美国内布拉斯加州比弗湖，2009年6月和7月

马丁：“今年一月我搬家到了美国，因此选择北美星云作为我的第一张照片可能还算合适。我特别喜欢窄带拍摄在这个巨大的视野中所产生的深度感。”

器材：SBIG STL-11000M CCD相机，高桥 FSQ-106 106mm折射式

望远镜。



面纱星云的西部

罗伯特·费雪，英国坎布里亚郡，2011年7月23日

罗伯特："我对最后的结果很满意，因为画面主要显示了围绕着主要天体的大量星云物质，而没有被恒星们喧宾夺主。星云靠外层的那些物质，也在扫把一样的区域上方清晰地显现出来。"

器材：Atik 4000 CCD相机，William Optics FLT 132折射式望远镜，EQ6 Pro赤道仪。



M46中的行星状星云NGC 2438

克菲尔·西蒙，纳米比亚，2015年5 —12月

克菲尔：“2015年，当我计划前往纳米比亚蒂沃丽花园农场旅行时，我将这个拍摄目标列在了‘待办事项’清单之上。透过H-α滤光片曝光20分钟的单张图像上几乎看不到任何东西；只有在堆叠之后，行星状星云的外壳才逐渐开始显现。”

器材：Apogee Alta CCD相机，Dream 406mm牛顿式望远镜。



NGC 6888，眉月星云

戈登·海恩斯，英国赫尔福德，2010年7月

戈登：“我喜欢眉月的蓝色与周围氢云的红色间色彩上的对比，它突出了星云内不同气体成分的结构。我所采用的设备提供的宽视场在囊括更多画面的同时，也体现了眉月星云与周边环境的大小对比。”

器材：星光Xpress SXVF-H36 CCD相机，高桥FSQ-106ED折射式望远镜。



M27，哑铃星云

伊恩·罗素，英国萨顿考特尼，2013年10月23日

伊恩：“作为一个行星状星云，M27却有着一个很大的角直径，同时它在H-α和OIII波段也非常的亮。很高兴我仅用2小时的拍摄数据就足以把外面的光晕呈现出来。”

器材：Atik 490EX CCD相机，星特朗 CGEM 280mm Edge HD望远镜，星特朗CGEM DX赤道仪。



IC410

托马斯·韦斯特霍夫，德国，2008年2月10日

托马斯：“在这张照片里，我用哈勃太空望远镜的调色板将原本利用窄带滤光片拍摄的黑白图像映射到相应的红色、绿色和蓝色通道。这是我第一次尝试窄带摄影，希望将来我可以用它们拍摄更多的照片。”

器材：SBIG STL-6303E CCD相机，508mm牛顿式望远镜，Astrono-mik窄带滤光片。



IC...443，水母星云

胡安·伊格纳西奥·希门尼斯，西班牙，2015年4月14日

胡安：“拍摄这张照片的挑战在于，如何在确保精确拍出星云内部纤维结构的同时又要将从星云里OIII发出的光给体现出来。”

器材：QHYCCD　QHY9M单CCD相机，TS　127/950望远镜，Sky-Watcher AZ-EQ6赤道仪。



M13

雅各伯·巴斯奥伊，丹麦腓特烈斯贝，2009年4月和5月

雅各伯：“通过望远镜或双筒望远镜看M13（武仙座最大的球状星团）本来就很漂亮，在照片中就更是如此！就连我那对天文学不感兴趣的妻子也喜欢这个景象。”

器材：QHY2 Pro CCD相机，高桥FSQ 85折射式望远镜。



NGC 7023，鸢尾花星云

菲利波·西费里，意大利罗马，2006年7月20—25日

菲利波："由于拍摄时天空中有很多的光污染，所以我总共采集了11小时的数据才得以生成这幅图像。"

器材：SBIG ST10 XME CCD相机，Vixen Visac卡塞格林望远镜，星特朗CGE赤道仪。



M1，蟹状星云

罗布·霍金森，英国多塞特郡，2011年11月

罗布："在这张照片中，从星云的纤维状结构到中央的脉冲星都得到充分展现，细节丰富。此外，颜色的重映射使整个星云看起来就和它本身的样子一样——巨大的热电离气体云正被超新星的巨大能量所推动，以惊人的速度向外冲出。"

器材：Atik16HR CCD相机，星特朗280mm Edge HD施密特-卡塞格林望远镜，Astro-Physics 0.67倍缩焦器，Astronomik 滤光片。



NGC 281，吃豆人星云

史提夫·艾伦，英国桑德巴赫，2010年9月

史提夫：“我特别喜欢这张照片，因为这是我第一次尝试将H-α窄带滤光片拍摄的内容添加到一个星云的LRGB图像中。我对照片所展现出的吃豆人星云的结构和外围星云尘埃的样貌都非常满意。”

器材：QHY9 CCD相机，Sky-Watcher 120mm Pro折射镜，EQ6 Pro赤道仪。



猫头鹰星云

里奇·贾维斯，英国东萨塞克斯南查利，2009年4月1日和18日

里奇："这是我在怀特岛星空派对开始不久拍摄的。由于在派对上我未能拍摄到M92和M108星系，所以我决定专注于猫头鹰星云（M97），这张照片就是这次拍摄到的结果。"

器材：星光Xpress SXV-H9 CCD相机，Astro Professional 102ED折射式望远镜。



象鼻星云

丹尼·威廉姆斯，英国莱斯特郡，2011年9月26—28日

丹尼：“我喜欢这张照片里那经典的金黄色加蓝绿色的展现方式。”

器材：Atik 314L CCD相机，William Optics FLT 98 折射式望远镜，Baader H-α、SII和OIII窄带滤光片。



M35和NGC 2158

丹·克鲁森（DAN CROWSON），美国密苏里州，2013年11月12日

丹：“这个图像中作为主体的疏散星团是M35，距离双子座大约2800光年，看起来像球状的疏散星团是NGC 2158。”

器材：SBIG ST-8300 CCD相机，Astro-Tech AT90DT折射式望远镜。



心宿二周围一隅

罗伯特·默瑟，拉帕尔玛埃尔帕索，2012年3月21日

罗伯特：“恒星心宿二周围的区域是我最喜欢的天空区域之一，也是我一直想要拍摄的天区。这次到拉帕尔马的访问给了我这个拍摄机会。我真的对它所展现出来的效果感到高兴。”

器材：星光Xpress SXVF-M25C CCD相机，星光200mm镜头，MK 1 AstroTrac赤道仪，摄影三脚架。



IC 447星云

加里·奥皮茨，美国纽约，2016年1月6日

加里：“我之所以选择这个目标，是因为它那由于尘埃反射（来自于疏散星团柯林德95号中内嵌的恒星）所发出的美丽的蓝色光芒。事实上，很少有人看到一个单纯的没有红色发射线的蓝色反射星云。”

器材：佳能EOS 60Da DSLR相机，TEC 140mm APO折射式望远镜，Orion Atlas赤道仪。



老鹰星云

马丁·布拉德利，英国切斯特菲尔德，2011年夏季

马丁：“因为它的高度总是很低，所以在英国它是一个非常难拍的对象。哈勃的‘创生之柱’图像对我来说不啻为灵感之源，所以我一定要将它拍摄下来，并且要以致敬的方式，选用长焦距来将‘支柱’表现出来。”

器材：改装的佳能EOS 5D MK II单反相机，威廉光学FLT 132折射式望远镜，EQ6 Pro赤道仪。



狐狸皮星云和圆锥星云

斯蒂夫·波特，北威尔士巴德西岛，2010年12月10日

史提夫：“这是我对单一成像目标投入时间最长的一次（7小时）。锥体星云是一大片面积巨大但又非常暗弱的星云的一部分，要绘制出它的细节相当费时，却很值得。”

器材：QSI 532 ws CCD相机，254mm米德LX200施密特-卡塞格林望远镜，高桥EM200赤道仪。



心宿二—蛇夫座ρ星云复合体区域

乔凡尼·贝南特，西西里岛，2007年5月10—11日

乔凡尼："我特别喜欢天空的这一处。因为在这4度×4度的视场里，你可以看到很多种不同类型的天体，红色和蓝色的恒星，球状星团，反射、发射和暗星云。这是一个奇妙而又独一无二的组合，真是一处完美的区域。"

器材：Finger Lakes Instrumentation ProLine 16803 CCD相机，高桥 FSQ-106折射式望远镜。



M20，三叶星云

汤米·沃顿和伊恩·金，拉帕尔玛，2006年7月28日

汤米："这张照片是我的好朋友伊恩·金和我合作的成果。所有的照片数据都是由伊恩拍摄的，我则负责使用Maxim DL和图像处理软件Photoshop CS进行后期处理。"

器材：Starlight Xpress SXV-H9 CCD相机，William Optics 90mm望远镜。



鹈鹕星云

罗杰·班克斯，英国威尔士蒙哥马利，2010年9月

罗杰：“我喜欢这张照片，因为里面包含太多内容可供仔细端详。它不仅具有很多的细节和颜色，从科学的角度来看，我们也能从中了解到不同气体场的扩大和冲击波。”

器材：Finger Lakes Instrumentation PL16803 CCD相机，Orion Optics AG16 400mm astrograph望远镜，Paramount ME赤道仪。

天体摄影教程猎户座星云

撰文：皮特·劳伦斯



进行多次曝光组合，以保证最终的图像既可以展现核球部分，又可以显现出星云那暗弱的边缘

天空中那块被称为“猎户座的剑”的区域仍然是最受天文爱好者追棒的拍摄目标。在那块充斥着暗弱天体的天区，在剑的中心部位就有那个令人心驰神往的最著名的深空天体：猎户座星云M42。

M42通常被认为是一个比较容易的拍摄对象。即使是用一台架在简单的三脚架上装有普通镜头的相机，也能拍摄下它那明显的红色光芒。尽管未改装的单反相机拍出来的结果通常会给人一个错误的印象，认为M42更偏紫色而不是红色。

为了将M42以一个不错的图像尺度拍摄下来，你需要一台单反相机或CCD相机以及一台望远镜来进行拍摄。包围着M42的“猎户座的剑”尺

寸很大（但是，M42仅仅是它的一部分），但是只要你将图像与长轴对齐，M42就可以用500mm的镜头来拍摄了。

许多拍摄者最初都是用短曝光来尝试拍摄M42。尽管短曝光可以省去涉及长曝光的额外较为复杂的拍摄手段，轻松地拍到一些内容。但是实际上，我们却会因此丢掉很多细节。较短的曝光仅记录了星云的核球，这个区域被称为“剑柄 ”。这个区域包含着那耀眼的猎户座四边形星团，这是个大约在30万年前形成的星团。来自星团中的恒星的强电离辐射是猎户座星云如此发亮的原因。

明亮剑柄区域周围的斑驳纹理很容易在较长的曝光中丢失细节。而这对于观察远离剑柄的气体是如何以美丽的卷曲形式进行扩散是非常必要的。在这里你会发现两个显著的特征，即被称为“帆”和（让人迷惑的）“剑”的两部分。在这种情况下，剑是东南方向的卷须，它有着相对锋利的边缘。

这两部分区域向内弯曲并最终又重新接在一起。外围扩展出的这部分环比M42的主体部分更昏暗，拍摄起来要困难得多。

当你开始能够逐渐拍摄出整个环的形状时，你将能很明显地看到，在环的内部也充满了星云。肾形的剑柄凹下去的部分也将变得非常明显——星云的这个部分被称作“鱼嘴”。更长时间的曝光也会将暗弱的M43星云显示出来。这是一个由黑暗的气体带将其与剑柄相隔开的逗号状的星云。由于这些交错的黑暗带的存在，M43才有了这些可爱的锋利边缘。

曝光过度

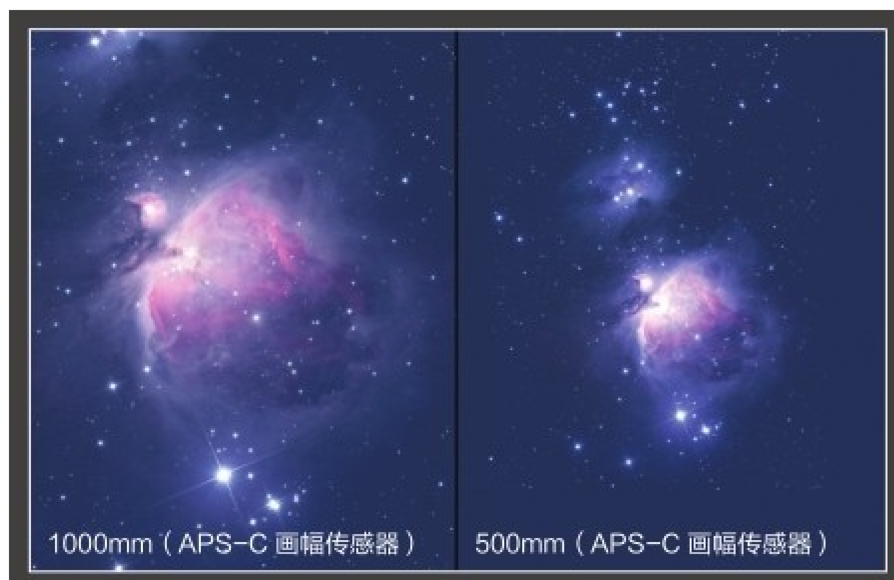
但是，在你逐渐将这些暗弱的区域凸显出来的同时，在具有微妙斑纹的剑柄区域却会因为曝光过度出现白斑。将这美丽区域变成一片白绝对是一件让人极不舒服的事情，但是请记住，我们总还是有办法可以把这个问题有效地解决掉的。

解决的方法其实也很简单，但确实需要你在拍摄时遵循一些规则。首先，请不要过于担心由于要图像中的一部分而需要牺牲的另一部分。我们只要别忘了再以合适的曝光量去补拍丢掉的那部分就可以了。如果你在拍摄时忘记再拍摄一组短曝光来记录M42的核球部分，那么仅拍摄一系列的会使中心曝光过度的照片简直就是一种浪费。

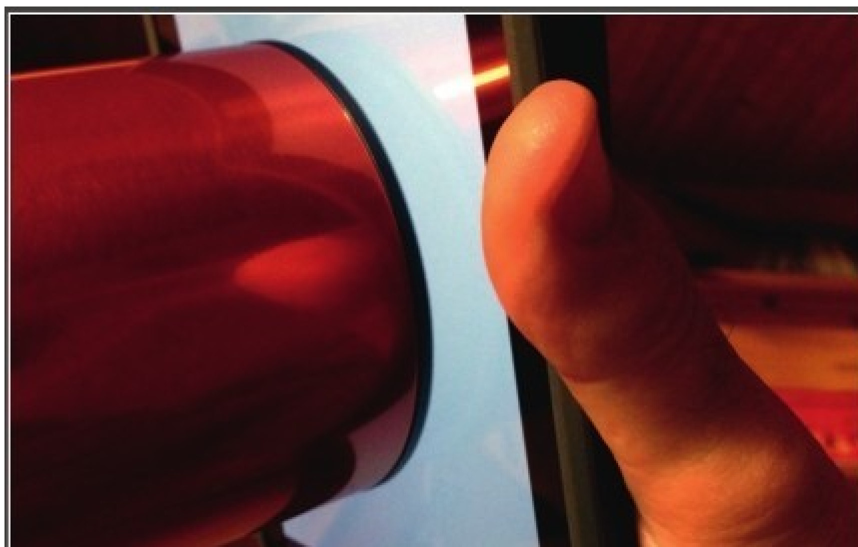
如果你设备的视场足够宽，就可以捕捉到紧挨着M42北部的星团。更长的曝光时间将会把一个蓝色反射星云给凸显出来，它被称为NGC

1977。黑暗的带穿过这个发光的区域，就像一个幽灵般的身影正在跑过云层。正是由于这个原因，它也被称为跑步者星云。

你可以按照对页的教程，试试自己所能拍摄到的猎户座星云的深度。你需要使用装有焦距在500mm以上的镜头或望远镜的单反相机。整套设备还需要装在赤道仪上，以确保长曝光拍摄的时候不会有拖尾现象。




·WB AF·DRIVE ISO·
bulb



Registering and Stacking

Open picture files...
dark files...
flat files...
dark flat files...
offset/bias files...

Open a File List...
Save the File List...

Clear List

Check all
Check above a threshold...
Uncheck all

Register checked pictures...

Compute offsets...

Stack checked pictures...
Batch stacking...

Processing

Open picture file...
Copy current picture to clipboard
Create a Star Mask...
Save picture to file...

Options

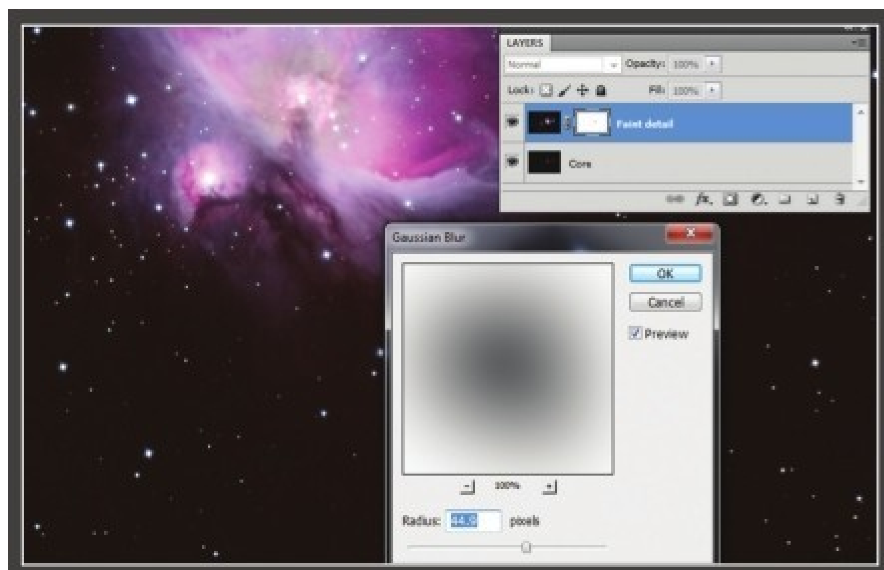
Settings...

X:\2010\2010-01-16-025.fit

Light Frames:14 - Dark Frames:14 - Flat Frames:14 - Dark Flat Frames:14 - Offset/Bias Frames: 0

Path	File	Type	Score	dX	dY	Angle	
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	17/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0
X:\2010\20...	2010-01-16_M...	Light	NC	NC	NC	NC	16/0


LAYERS
Normal
Opacity: 100%
Lock:
Fill: 100%
Faint detail
Core


LAYERS
Normal
Opacity: 100%
Lock:
Fill: 100%
Faint detail
Core
Gaussian Blur
OK
Cancel
Preview
100%
Radius:
pixels

星系

数以亿计的恒星被引力汇聚在一起，那缠绕着的螺旋抑或是发光的椭圆星系是夜空中最美丽的天体之一。但问题是，尽管它们的体积很大，但它们距离我们却异常遥远。这也就意味着你几乎肯定需要一台望远镜才能得到一张星系的照片。如果你已拥有必要设备，那么拍摄星系必将助你得到令人惊叹不已的图像。与此同时，还将为你打开一个图像处理的新世界，叠加多重曝光，包括平场和暗场的使用等都将被用来揭示星系中那些如发光的中心或边缘的暗尘埃带等丰富细节。



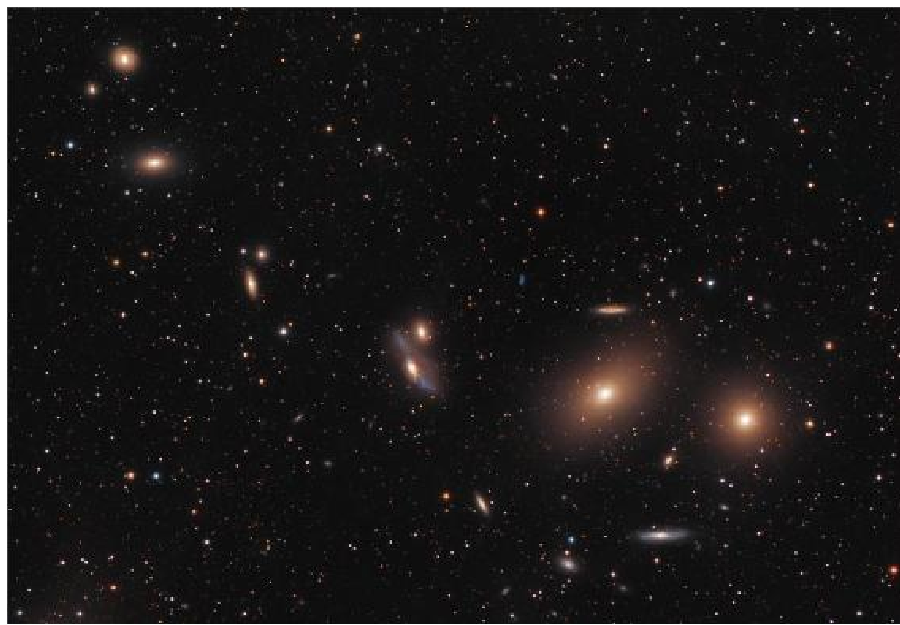
仙女座星系

丹·克鲁森，美国密苏里，2013年10月8日

丹：“这是我所拍摄到的第一张比较好的仙女座星系的照片。使用的是小口径的89mm望远镜，仙女座星云在两幅面的拼接图上也是塞得满满的。我在密苏里州圣路易斯附近的丹维尔保护区的绿地上，用了一个

晚上的时间拍摄出了这幅图像。”

器材：SBIG ST-8300M CCD相机，Astro-Tech AT90EDT折射式望远镜。



马卡林星系链

鲍勃·弗兰卡，美国亚利桑那州，2013年3月14日

鲍勃：“这一次，引力之手创造了一个奇妙的构图。星系从左到右呈现出一个美丽的弧线，星系在画面中的尺寸也越来越大。”

器材：SBIG STF-8300 CCD相机，高桥FSQ-106ED折射式望远镜。



大麦哲伦云

托尼·苏马霍斯，澳大利亚昆士兰林维尔，2007年8月10日

托尼："我在昆士兰的星空派对上拍摄了这幅图像。镜头拍摄到了棒状结构周围的晕，我对此印象非常深刻。"

器材：佳能EOS 400D单反相机，佳能18-55mm镜头。



伯德星系

史蒂芬·迪恩，英国怀特岛，2014年12月19日

史蒂芬："这是我第一次用CCD相机拍摄星系，结果令我非常满意。它由累计大约4.5小时曝光时间的照片组成。"

器材：SBIG ST-2000XM CCD相机，Sky-Watcher 76mm ED Pro望远镜，NEQ6赤道仪。



M51，旋涡星系

马丁·布拉德利，英国切斯特菲尔德，2008年12月和2009年3月

马丁：“这幅图像我们用了两个晚上拍摄。我想拍摄出尘埃带的一些细节，同时也要拍摄出粉红的H-α区。我对最终的结果感到非常满意。”

器材：QSI 532ws CCD相机，米德 254mm LX200-ACF望远镜和Starlight Xpress SXV自适应光学模块，高桥EM-200赤道仪。



三角星系

史葛·芬德雷，法国，2014年9月5日

史葛：“增加H-α的信息将有助于把M33的一些更有趣的区域给突出出来，同时还能在图中NGC 588的右侧显示出一些微弱的星云。”

器材：FLI Microline ML8300 CCD相机，305mm ASA牛顿式望远镜，ASA DDM85赤道仪。



M82，雪茄星系

约翰·威尔士，英国利物浦海顿，2007年1月22 —23日

约翰：“我对照片里恒星的圆度和总体对比度感到非常满意，但是它的噪声比我预期的要大一些。下一次，我会尝试更长时间的彩色曝光，并包含一些Ha的拍摄，使红色的部分更能凸显出来。”

器材：星光Xpress SXV-H9 CCD相机，300mm F5.3反射式望远镜。



NGC 3628，汉堡包星系

彼得·瓦西，英国诺森伯兰郡，2010年3月

彼得："狮子座的NGC 3628通常和梅西耶65和梅西耶66一起拍摄，是众所周知的'狮子座三胞胎Leo Trio'的一部分。它那条宽广的尘埃带和弥散的星云本身就很值得去拍摄。"

器材：Santa Barbara Instrument Group ST-10XME CCD相机，米德 LX200 ACF施密特-卡塞格林望远镜，AO-8自适应光学系统，Gemini G41赤道仪。



M63，向日葵星系

罗布·霍奇金森，英国多塞特郡威茅斯，2008年5月和6月

罗布："拍摄这张照片着实花费了我大量精力。由于我们这里那糟糕的天气，我用了大约一个月的时间才完成对它的拍摄，这其中包括5月

的大部分时间和6月的一部分时间。当我最终完成的时候，我已经都不想再看它了！“

器材：Atik 16 HRC CCD相机，356mm LX200 GPS,Tal 100R，米德DSI Pro。



狮子座三胞胎

盖达斯·维斯瑙斯卡斯，美国印第安纳州，2009年3月20日

盖达斯：“我真的很喜欢所有3个星系呈现在我的相机/望远镜组合视场中的样子，它们每一个都是如此的独特，细节完备，非常适合进行研究。”

器材：佳能EOS　450D单反相机，TEC　APO　140折射式望远镜，AstroPhysics 900德式赤道仪。



针状星系

马克·格里菲思，英国斯温登，2014年3月23日

马克：“这是后发座中针状星系（NGC 4565）的一副侧视图。我拍摄到它自身的一些颜色，外边缘处淡淡的蓝色，表示新的恒星形成区域，以及中心区域原有的黄色恒星。突出的尘埃带沿着星系延伸。”

器材：QHY8L单镜头彩色CCD相机，Teleskop Service 65 Quad APO望远镜，iOptron iEQ45赤道仪。



玉夫星系

罗恩·布雷彻和布雷特·索姆斯，澳大利亚，2015年10月/2016年2月

罗恩：“NGC 253是使用业余设备所能看到的最壮观的星系之一，从照片上看它真的令人惊叹。布雷特在他新南威尔士家里的观测台拍摄到该星系的细节照片，我则负责对这幅图像进行后期处理。我们面临的挑战是要在控制噪声水平的同时，尽可能多地将星系的细节展现出来，使它们足够明亮，进而显示出星系的晕和视场内周边的那些微小星系。用于拍摄这张照片的折射式望远镜是由澳大利亚著名业余天文学家巴里·阿德科克研制的。”

器材：SBIG STXL-6303E CCD相机，定制的150mm折射式望远镜，派拉蒙ME赤道仪，PixInsight。



希克森44

弗兰索瓦·伯尼尔，法国南部，2011年3月25日

弗兰索瓦：“这张照片的拍摄对我来说极具难度，这组星系（NGC 3187,NGC 3185和NGC 3190）是狮子座中最美丽的几个星系，在背景中还能看到这么多其他的星系也让我感到非常惊讶。”

器材：ATIK 314L CCD相机，Vixen VC200L折反射式望远镜。



NGC 4631

迈克·迪根，英国斯温登，2011年4月

迈克：“这个星系中有很多事情正在发生，从红色的恒星形成区域到贯穿核球的纤细的尘埃带。尽管在拍摄H-α通道时多花了一些时间，但从最后的结果来看，是绝对值得的。”

器材：星光Xpress HX916 CCD相机，天空观察者250PX反射式望远镜，天空观察者EQ6赤道仪。



仙女座星系**M31**

克雷格·詹姆森，英国基尔德森林星空营，2008年11月1日

克雷格：“这是我在基耶尔德森林星空营成功拍摄的唯一一张照片，M31是那些能让你真正知道宇宙的尺度并领会我们的世界在宇宙中的地位的物体之一。”

器材：佳能EOS 350D单反相机，0.8倍缩焦器，William Optics ZS66望远镜，HEQ5 Pro赤道仪。



三角星系M33

特里·汉考克，美国密歇根，2011年10月7日

特里：“我的目标是在保持星系外观自然的同时，尽可能将那些非常暗弱的外旋臂、尘埃区域和色彩丰富的HII星云展现出来。”

器材：QHY9M单色CCD相机，TMB-130SS折射式望远镜，派拉蒙GT-1100S赤道仪及MKS4000电调升级组件。



M81和M82

阿尔瓦罗·伊布埃兹·佩雷斯，西班牙马德里科拉尔德阿尔马格，2015年5月25日

阿尔瓦罗：“科拉尔-德阿尔马格在马德里的南部，所以这两个天体

通常会被地面物体给遮挡住。即使在能够拍摄到它们的时候，我也不得不使用抑制光污染滤光片。好在那天晚上一切进行得都很顺利。”

器材：Atik 460EX单色CCD相机，TS115 triplet APO折射式望远镜，NEQ Pro II和EQMOD电机升级组件，Baader LRGB和IDAS LPS滤光片，GT-1100S＋MKS4000赤道仪。



NGC 891

托尼·弗内尔，英国萨塞克斯郡，2013年11月

托尼：“这是一个很受大家喜爱的星系。它看起来就像一条非常暗淡的线，但是当用CCD相机对之成像并处理后，大量的细节就会显现出来。”

器材：Atik 314 CCD相机，200mm RC式望远镜，Sky-Watcher EQ6赤道仪。



M33，三角星系

马德·福伊尔，英国德比郡，2013年9月3日、9日和14日

马德：“这是我对M33三角星系试拍摄的结果。原定计划是以f/8的光圈对这个天体进行30小时的曝光，但由于天气原因，实际的拍摄时间缩短到了13小时。”

器材：QHY9M CCD相机，高桥FSQ-106ED折射式望远镜，Sky-Watcher NEQ6 PRO赤道仪。



M101

戴维·胡吉尔，英国威尔特郡，2008年4月

戴维：“我想试试我的米德CCD相机，看它是否能够既保持这个星系旋臂中的暗弱细节，又不会使核球区域曝光过度。”

器材：米德DSI-Pro 2 CCD相机，米德LX90望远镜，Sky-Watcher ST80自动导星装置。



M51

伊恩·邓巴，英国北赫特福德郡，2009年4月26日

伊恩："我已经拍摄深空天体一年了。这是我改装相机之后拍的第二张照片，我把原来的红外滤光片改成了巴德尔可替换滤光片。"

器材：254mm牛顿反射式望远镜，佳能EOS 450D单反相机，EQ6 Pro赤道仪。



M106

艾伦·克里斯托，英国基尔德森林星空营，2012年3月

艾伦：“你离这张照片越近，就越能从背景中看到更多暗弱的星系。”

器材：Atik 314L单色 CCD 相机，Sky-Watcher 190MN DS-PRO马克苏托夫-牛顿望远镜，星特朗CGEM赤道仪，Atik滤光片轮，Astronomik LRGB CCD滤光片。



M81和M82

法比·安奈尔，瑞士，2009年3—5月

法比：“这幅LRGB图像结合了35小时50分钟的曝光数据，它显示了弥漫在整个画面中，位于M81前面的非常暗弱的积分流量星云。”

器材：SBIG STL-11000M CCD相机，Borg ED101折射式望远镜，巴德尔LRGB滤光片。

天体摄影教程用单反相机拍摄M31

撰文：皮特·劳伦斯



单反相机可以很容易地拍摄到M31的椭圆光斑，以及它的卫星星系M32和M110

仙女座星系，又被称作M31，据说是在一般的能看到暗夜的地方人可以用肉眼看到的最远的天体。

有许多方法都可以用来去寻找这个遥远的天体。最简单的一个法子是从飞马座的大四边形开始。想象一下，在四边形的右上角有一条从视星等+2.4的室宿二连接到左上角的视星等+2.1的壁宿二的直线。将其延伸相同的距离，再把这条线稍微向上弯曲，以达到视星等为+2.1的奎宿九。从那里，转一个90度，向上飞去，到达更为暗弱的视星等为+3.9的奎宿八。在这上面就是视星等为+4.5的奎宿七。在黑暗的天空

背景下，你就可以看到位于这颗恒星附近的M31。

如果你是在城市环境中进行观测，由于光污染，这个星系很难被看到。但在黑暗的地方，它看上去让人心驰神往。M31的形状扁长而略显模糊。它的大小也适合肉眼观测。如果仅凭裸眼它看起来就非常好，那用双筒望远镜或望远镜观测它的时候效果一定非常的棒。

但事实并非如此。如果你的设备视场够宽，你还可以同时看到它的两个卫星星系M32和M110，但M31本身看起来只是尺寸更大的一块光斑。

之所以如此，归根到底还是与星系自身的朝向有关。M31是一个旋涡星系，它的星系盘向地球倾斜了仅仅13度。也就是说，它是以椭圆形呈现在我们的面前。如果这个星系倾斜了90度，正对我们，我们将可以看到一个明亮的圆形核球被旋臂所包围着。

所以，请拿起你的相机

我们看到的那拉长的光斑仅仅是这个星系的核球。它的外旋臂的确在那里，但它们更暗弱，更难被看到。当你使用一台口径为305mm或更大的望远镜时，由于旋臂和它们之间的黑暗的尘埃带的亮度对比，旋臂将逐渐显现出来。

天空中M31的整体尺寸令人印象深刻。明亮的核球椭圆的尺寸有30角分×10角分。这样的一个视尺寸在长轴方向基本相当于满月尺寸的1/3。典型的M31中曝光图像将揭示其更多的外部结构。通常在用单反相机拍摄的时候，它的大小会增加至2度×0.5度，长轴尺寸相当于满月大小的4倍。更长时间的曝光将揭示出一个巨大的天体，其表面大小将超过3度×1度（两个轴的大小分别与6个满月和2个满月相当）。探索M31的外部区域会令人痴迷，而且它只需要你有一台可以安装相机的电动赤道仪就可以办到。

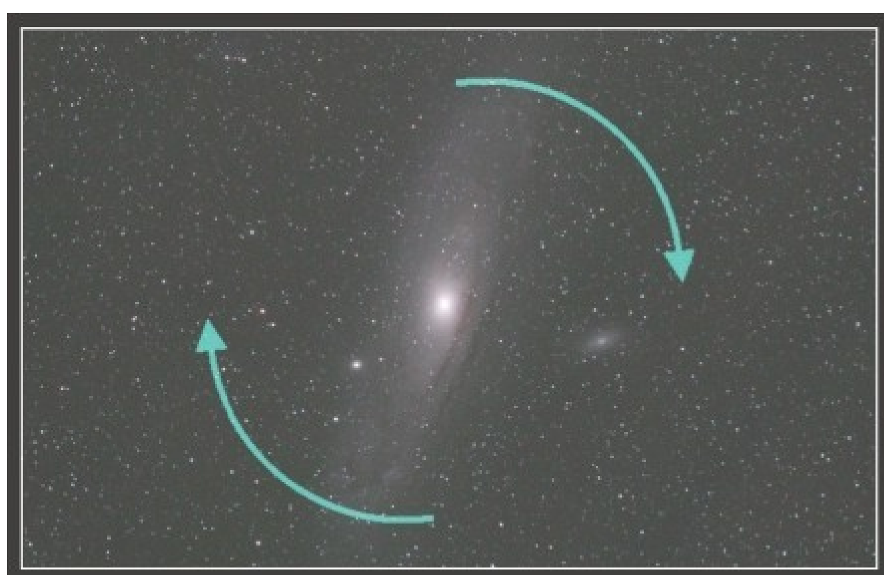
为了拍摄到M31的雄伟身姿，你需要一个可以将它完整囊括的视场，甚至更大一点的视场以包含一部分天空背景。对于APS-C画幅的单反相机，这意味着你需要配备焦距为300mm或更短的镜头。在佳能60D上，一枚300mm的镜头将给你提供一个4.3度×2.8度的视场。这个尺寸差不多刚刚好。当然，另一种选择是使用一个带有减焦器的短焦距望远镜。

无论你使用哪种配置，都需要将相机和镜头安装在一个电驱动的赤道仪上。如果你的赤道仪提供自动导星功能，那就更好了。

一旦所有装备安置妥当，我建议你使用可编程的遥控快门线。如果你还能将你的相机与笔记本电脑连接进行控制，有好几个程序可以帮助你进行自动曝光控制。使用计算机软件的一个优点是它也经常提供对焦辅助等额外功能。

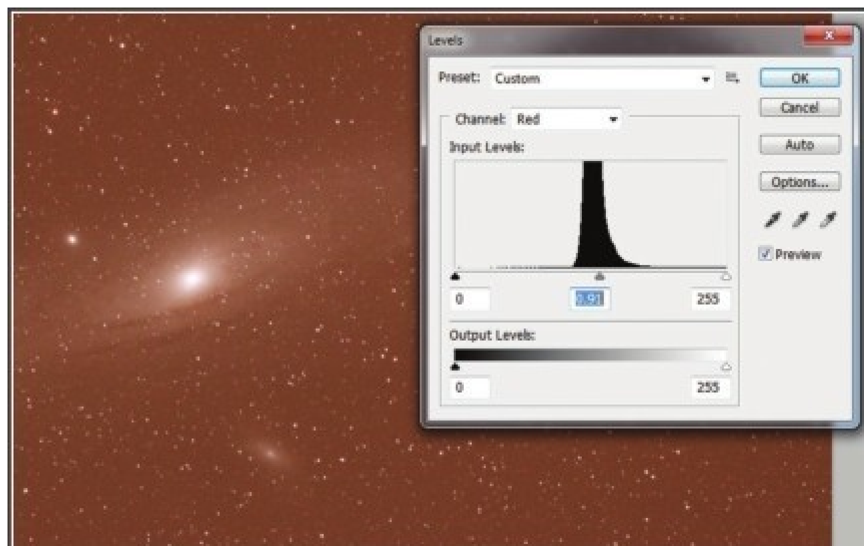
你可以试试对页给出的步骤，亲自拍上这样一张照片，将数以千亿颗的恒星囊括其中。

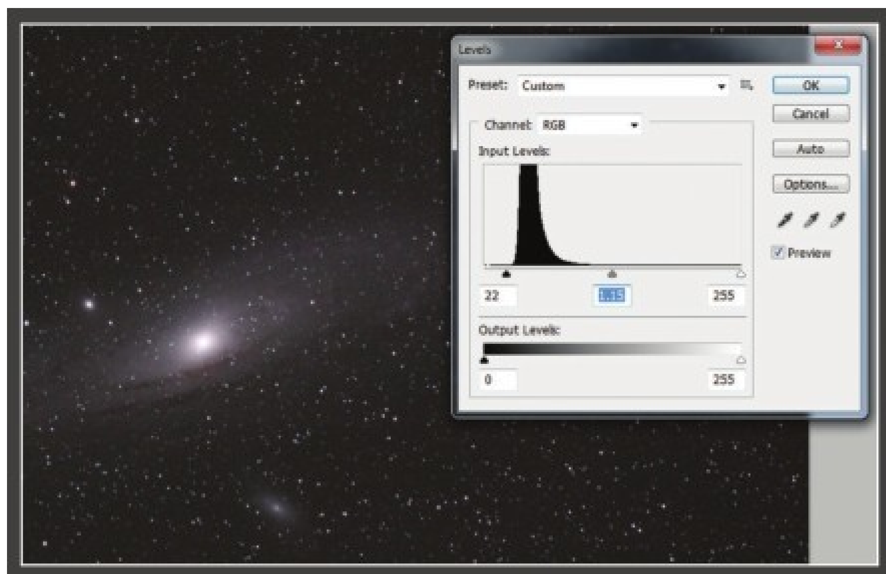





AF-WB
DRIVE-ISO
200
ISO




Levels
Preset: Custom
OK
Cancel
Auto
Options...
Channel: Red
Input Levels:
0
255
Preview
Output Levels:
0
255


Levels
Preset: Custom
OK
Cancel
Channel: RGB
Auto
Input Levels:
Options...
Preview
22
1.15
255
Output Levels:
0
255

译者后记：星空摄影和科普，天文学博士的殊途同归

这本书所讲述的星空摄影是高阶天文爱好者的专业之一，很多天文工作者是从天文爱好者转换而来的，从小就对星空和宇宙着迷。也有专业的天文工作者离开科研领域又成为了天文爱好者的例子，我的一位大学同学贾建军就是其中之一。小学五年级的时候，他在外公家偶然见到一本《十万个为什么：天文卷》，从此爱上了天文一发不可收拾。他大学就读于南京大学天文系，在美国约翰霍普金斯大学取得天体物理博士学位不久后，由于种种原因转行在美国硅谷从事半导体相关工作。2013年夏天，在最后一篇天文论文被接收后，他开始了天文深空摄影，又回归到了一名纯粹的天文爱好者，并且现在已经小有名气了。他说："不做科研转做爱好者后，经常带着望远镜去沙漠农场等黑暗的地方目视或者拍照，反而觉得趣味性很强，逐渐沉溺其中难以自拔。"…这里我选取了几幅我自己很喜欢的他的摄影作品，和本书中的照片相呼应。每幅照片背后的故事也很有意思。

而其他留在天文科研领域的我们中的大多数人，日常的工作内容和爱好者通常的关注点是很不一样的，和大家的想象可能也并不相同。以理论工作为主的我，日常工作主要就是阅读科研方向的专业文章、想出要解决的问题、总结数据、建立模型、写程序计算验证、画图，总结结果并最后写成学术的文章。这些具体的工作和仰望星空展开浪漫的联想并没有什么关系。并不算天文爱好者的我，也并不是抬头就知道天上哪个星座是哪个的。



螺旋星云（上帝之眼）

望远镜：TEC 140 APO

赤道仪：Celestron CGEM DX

相机：SBIG STF8300M

滤镜：L/R/G/B/Ha/OIII

总曝光时间：两晚共10小时

拍摄地点时间：美国加利福尼亚州 CalStar 营地，2016年10月

贾建军：这个星云于2016年10月参加加州星空聚会（CalStar）的时候拍摄，这是美国加利福尼亚州每年一次的聚会，我从2013年开始每年都参加，认识了一些志同道合的朋友和不少很有趣的人。我们几个中国天文爱好者每年参加的时候都会在半夜吃火锅，于是回来后就把我们的组织取名叫火锅天文学会。



玫瑰星云

望远镜：AstroTech 65EDQ

赤道仪：Celestron AVX

相机：SBIG STF8300M

滤镜：R/G/B/Ha

总曝光时间：3小时

拍摄地点：美国加利福尼亚州 Henry Coe州立公园

贾建军：玫瑰星云是个颇受大家喜欢的目标，我处理的有些过于鲜艳，以至于恒星的颜色显得不真实了，但我个人比较喜欢这样的色调，红色玫瑰里面还透露出些许蓝色。这是女儿一周岁生日前我专门拍下来送她的生日礼物。



太阳日冕

望远镜：AstroTech 65EDQ

赤道仪：iOptron CEM60

相机：佳能 T3i

拍摄时间：2017年8月21日日全食

拍摄地点：美国俄勒冈州 Culver市

贾建军：这是日全食食甚阶段25张不同曝光时间的照片叠加，曝光时间分别是1/320s,1/160s,1/80s,1/40s,1/20s,1/10s,1/5s,0.4s,0.8s,1.6s。短曝光拍摄粉色的日珥，长曝光拍摄细长的日冕发丝。被地球反光照亮的月亮也依稀可见。

2014年底，电影《星际穿越》上映。这部电影充满了硬科学，背后是科学界的专家基普索恩。并且，索恩教授还以他为电影做准备的科学内容为基础，写出了配套的《The Science of Interstellar》（中文版书名《星际穿越》）一书。第一次看到科学被如此严谨地呈现在电影中，身边的科学工作者们都很兴奋。经过一位同事提议，天文台的几个同事开始合计翻译这本书。因为要等待版权落实，中间经过了激动的期盼和一段时间的失落，最后功夫不负有心人，国内版权方联系了我们，几位同事立即着手分配各自的翻译章节，同时开工，用了一个月就完成初稿。然后苟利军，李然和我负责统稿，以最快的速度交出终稿。

现在想来，这本书的完成得益于天时地利人和。参与翻译的同事们

此前都没有接触过科普书的翻译，热情高涨，拿出了200%的仔细和认真，还找出了一些原书中的错误，并和索恩教授确认。和出版方的合作也很顺利，并且有幸得到了很多荣誉，包括文津图书奖这样的国家级奖项。而2017年索恩教授本人更因为引力波方面的决定性贡献获得诺贝尔奖，让这本书的分量又增加了一分。这本书就像一个神奇的宝盒，仍然在不断带给我们惊喜和愉快。

《星际穿越》之后，我们当中的很多人开始对翻译科普书和科普工作感兴趣。有的同事开始经常撰写科普文章，进行科普讲座，其中做得最多影响最广的是苟利军。也有同事开始书写并出版自己的科普书籍，原本就是知乎达人的狐狸先生李然拥有了自己的第一本科普著作《漫步到宇宙的尽头》。这些进展从某种程度上都可以说起源于《星际穿越》一书的翻译。对我个人而言，之后又参与了几本科普书籍的翻译，也做过少数几个科普报告，对于科普的投入相对还是比较少的。

尽管如此，参与翻译科普书以及进行科普活动，给我自己带来的收获仍然是很大的，特别是对我本身的科研工作也很有促进。由于我自己的主要研究方向是星系的形成和演化的模型，做的工作有越来越细致，甚至有点“钻牛角尖”的趋势。虽然是“博”士，却在知识面和关注点上越来越不广博，而经常会陷入很多细节。当然，科研工作中细节很重要，然而开拓思路对于把握学科大方向大图景，“不忘初心”地追求最根本问题的解答是相当有帮助的。在进行了几本科普书的翻译之后，因为科普更注重大背景的说明和对于很多基本问题的解释，我自己在科研工作中也感觉再一次打开了眼界，对很多大背景和基本问题有了回归思考，而且更重要的是，又一次激发了自己对追求科学的兴趣，发现了很多有意思的研究课题。这是翻译科普书之前没有料到的意外收获。



狮子座三重星系

望远镜：Explore Scientific 127 APO

赤道仪：Celestron CGEM DX

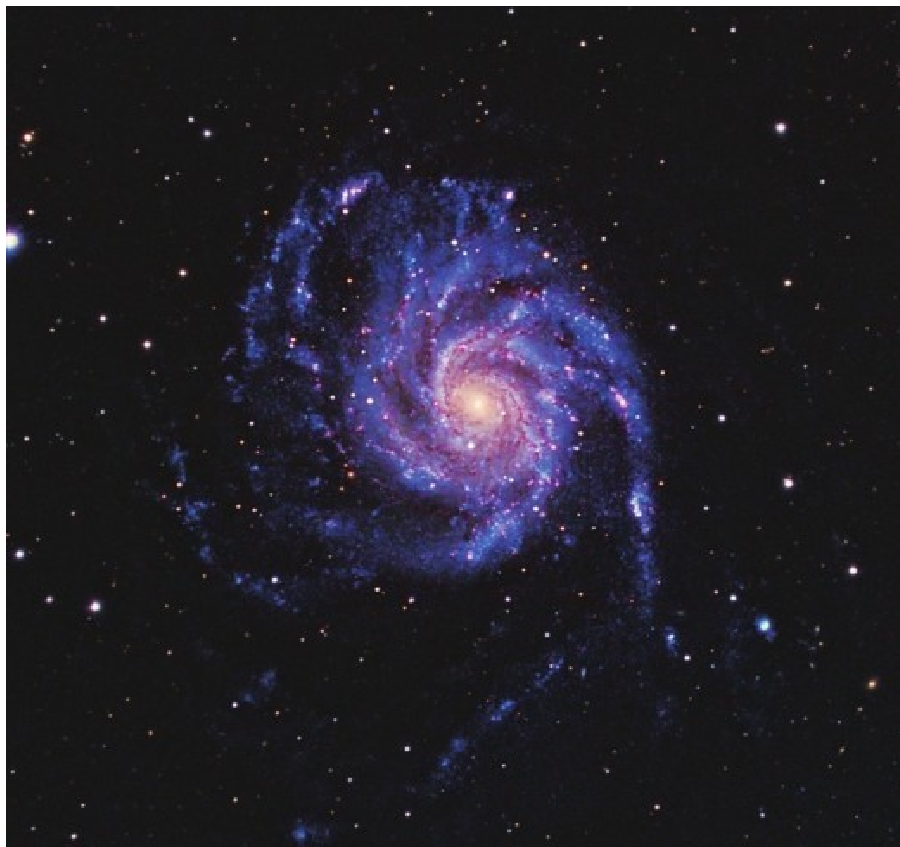
相机：SBIG STF8300M

滤镜：L/R/G/B

总曝光时间：6小时

拍摄地点：美国加利福尼亚州

贾建军：拍这张照片的那晚我喊上了来加利福尼亚大学圣克鲁兹分校做本科毕业论文的南京大学天文系小师弟罗逸飞跟我们一起。很巧的是，我是南京大学天文爱好者协会的创办人之一和第一任副会长，他是第15任会长。一路上跟他回忆在南京大学的生活和听他说天文系的事情，他喊我老学长，我顿时觉得世事变幻，唯有日月星辰永恒。



风车星系（**M101**）

望远镜：Celestron EdgeHD 800

赤道仪：Celestron CGEM DX

相机：SBIG STF8300M

滤镜：L/R/G/B

总曝光时间：6小时

拍摄地点：美国加利福尼亚州中谷地区

贾建军：我刚开始拍摄天文照片的时候使用的是600mm焦距的望远镜，600mm属于短焦距，自动跟踪比较容易。后来使用SCT望远镜拍小目标天体，焦距一下上升到1400mm，在自动跟踪上失败了很多次，花了近一年的时间尝试了各种方法以及纠正了许多错误后终于跟踪成功并拍摄出了这张风车星系。这算是对我一年中多次一个人在野外辛苦调试器材的回报，期间还遇到过小浣熊一家子来偷东西。

从我自己的经历看，也许参与一点科普活动对每一位科学工作者都

会是有帮助的。不一定是翻译书或者做正式的报告，也许只是和身边其他行业的人多用通俗的语言讲讲自己在做的东西，不仅能达到科学传播的本意，也可能会给自己带来特别的收获。

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 夜景
8. 天体摄影教程夜光云
9. 极光
10. 天体摄影教程捕捉极光
11. 太阳
12. 天体摄影教程太阳的自转
13. 月亮
14. 天体摄影教程新月的拼接照片
15. 行星和彗星
16. 天体摄影教程拍摄大冲时的火星
17. 恒星和星云
18. 天体摄影教程猎户座星云
19. 星系
20. 天体摄影教程用单反相机拍摄M31
21. 译者后记：星空摄影和科普，天文学博士的殊途同归

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文

BBC

BBC夜空探索

THE APOLLO STORY

阿波罗大揭秘

［美］BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*) 杂志 编

冯麗 译

当尼尔·阿姆斯特朗在月球静海上迈出其历史性的第一步，命运就注定了我们将不再被束缚在一直以来我们繁衍进化所在的这颗行星，我们的征途也可以是星辰大海。



中国工信出版集团　人民邮电出版社 POSTS & TELECOM PRESS

BBC

BBC夜空探索

THE APOLLO STORY

阿波罗大揭秘

[英] BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志　编
冯麓　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据
阿波罗大揭秘/英国BBC《仰望夜空》杂志编；冯麓译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50146-2
I.①阿… II.①英…②冯… III.①月球探索—普及读物 IV.①V1-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第265521号
版权声明
Sky at Night Magazine: The Apollo Story
Originally published in the English language by Immediate Media Co.Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co.Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © Posts & Telecom Press Co.,LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence.BBC logo © BBC 1996.
◆编 ［英］BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 冯麓
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：7.25 2019年8月第1版
字数：202千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3879号
定价：49.00元
读者服务热线：（010）81055410 印装质量热线：（010）81055316

反盗版热线：（010）81055315
广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
阿波罗计划前夕
阿波罗1～6号
1968年10月11日阿波罗7号
1968年12月21日阿波罗8号
1969年3月3日阿波罗9号
1969年5月18日阿波罗10号
1969年7月16日阿波罗11号
1969年11月14日阿波罗12号
1970年4月11日阿波罗13号
1971年1月31日阿波罗14号
1971年7月26日阿波罗15号
1972年4月16日阿波罗16号
1972年12月7日阿波罗17号
时间线
追忆尼尔·阿姆斯特朗
译者后记：冷战的另一产物——自适应光学

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在 BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是 BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了阿波罗1～17号计划的方方面面，从项目的开发、宇航员的工作到月球的探索以及显著的成就等应有尽有。同时，书中还呈现了众多历史图像，讲述了失败的悲剧等内容，让我们全方位了解到了人类探索宇宙伟大计划背后的故事。

序言



阿波罗计划是人类最伟大的成就之一。当尼尔·阿姆斯特朗在月球静海上迈出其历史性的第一步，命运就注定了我们将不再被束缚在一直以来我们繁衍进化所在的这颗行星，我们的征途也可以是星辰大海。为了证明这次壮举并非偶然，后续的6次登月共搭载12名太空探险家跨域35万千米之遥，深入太空先后造访了地球的这颗卫星。

在本书中，你将会领略这些月球行者，以及其他所有追求阿波罗计划无畏艰险的宇航员们的风采。仅仅在10年间，他们便实现了美国前总统约翰·肯尼迪在1960年所提出的“将人类送上月球并安然返回”的誓言。

但这项计划远非一帆风顺——第一次的载人任务未及正式开始，3名宇航员便已牺牲在发射台上，其后又有阿波罗13号在旅途当中发生的爆炸事故。在这短短的9年间，美国在航天方面取得了卓越的成就，可是实际上，直到1959年，美国才第一次将动物送上太空并安然返回，而这仅仅比阿波罗11号早了10年光阴。

“让我们一起来领略这些月球行者以及与他们共同为了阿波罗这项勇敢无畏的计划而献身的宇航员们的风姿吧！”

这巨大的成就源自千万人为了创造一个宇宙探索的黄金时代所展现的好奇心、求知欲以及无比的热情。这些科学家、工程师和技术人员以

及他们所将面临的艰巨任务都将在本书的图文当中一一呈现。

尽管现在看来，作为冷战的产物阿波罗计划貌似徒劳无功，但无可否认的是它自身的成就确实无与伦比。更重要的是，它的成功是人类不断超越自身能力的最有力的佐证。

克里斯·布拉姆斯

BBC《仰望夜空》杂志编辑



观众们，包括比利时的国王与皇后，聚集在一起观看阿波罗10号发射升空。

阿波罗计划前夕

第二次世界大战后，美国与苏联均欲在各方面取得领先。此时，这两个超级大国不约而同地都将目光转向了太空。

20世纪中叶，两名才华横溢的工程师引发了苏联和美国之间的火箭竞赛，他们每个人都经历了人生当中最残酷的时光。其中一名在劳改营中与死神擦肩而过，而另一名则很可能要为一个集中营的建立而承受部分责任。他们所创造的机器既为人类带来了毁灭性的灾难，又为触摸星辰带来了希望。

1938年，正当飞机工程师谢尔盖·科罗廖夫在位于圣彼得堡的陆军实验室里研制简易火箭时，却不幸被捕。饱受折磨的他随后被关押在西伯利亚的古拉格集中营中。3年后，在生命垂危之际，他被征召回莫斯科。这时希特勒的军队开始入侵苏联，使得苏联急需各类工程师。1945年，科罗廖夫被派往德国修复那些与他曾经朝思暮想建造的火箭相似的火箭残骸。

来自战争的推动

沃纳·冯·布劳恩恐怕是唯一一位名字为大众所熟知的火箭科学家，出身于日耳曼贵族世家的他对太空极度痴迷。当纳粹开始掌权，冯·布劳恩说服希特勒火箭将会是非常有效的武器。他在波罗的海沿岸的佩内明德研制了为后人所熟知的V-2复仇火箭。1943年，一座森然恐怖的地下工厂在德国诺德豪森建立。正是在这里大量饥寒交迫的奴隶囚犯在党卫军的监管下组装冯·布劳恩研制的火箭。

当纳粹政权土崩瓦解后，英、美以及苏联的特工在德国饱受战乱摧残的国土上遍寻遗留下来的冯·布劳恩的作品。当时各国已经清楚意识到一旦V-2火箭的后续型号配备了核弹头，将会重塑各方力量的平衡。冯·布劳恩最终向美国投诚并为他及同事成功策划了出逃计划，这也帮助不少同事从正在处决“不忠”的德国人的党卫军手下顺利脱逃。

随后的10年间，V-2火箭在新墨西哥州白沙实验场进行了一系列平淡无奇的实验。由于美国政府对实验缺乏兴趣，冯·布劳恩感到非常沮丧。20世纪50年代末，沃尔特·迪士尼鼓励他将想法用于以和平为目的的太空探索事业上，并通过电视把这个想法展示给大家，这一举动也确实帮助他提高了声望。

“R-7导弹的首要功能是直接向美国发射核导弹，但科罗廖夫知道它也可以将更轻的荷载送往太空。**”**

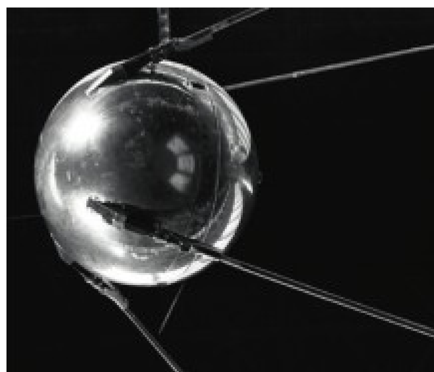


（右图）冯·布劳恩（中间）在向肯尼迪解释新的土星发射系统。

与此同时，科罗廖夫开始着手世界上第一枚洲际导弹Raketa-7（R-7）的研制工作，以及位于苏联的拜科努尔秘密发射场的建设工作。R-7导弹的首要功能是直接向美国发射核导弹，但科罗廖夫知道它也可以将更轻的荷载送往太空。他成功说服了苏联军队当中那些充满质疑的将军准许他使用R-7发射一枚卫星。1957年10月4日，他将人类历史上的第一颗卫星史波尼克送入轨道。

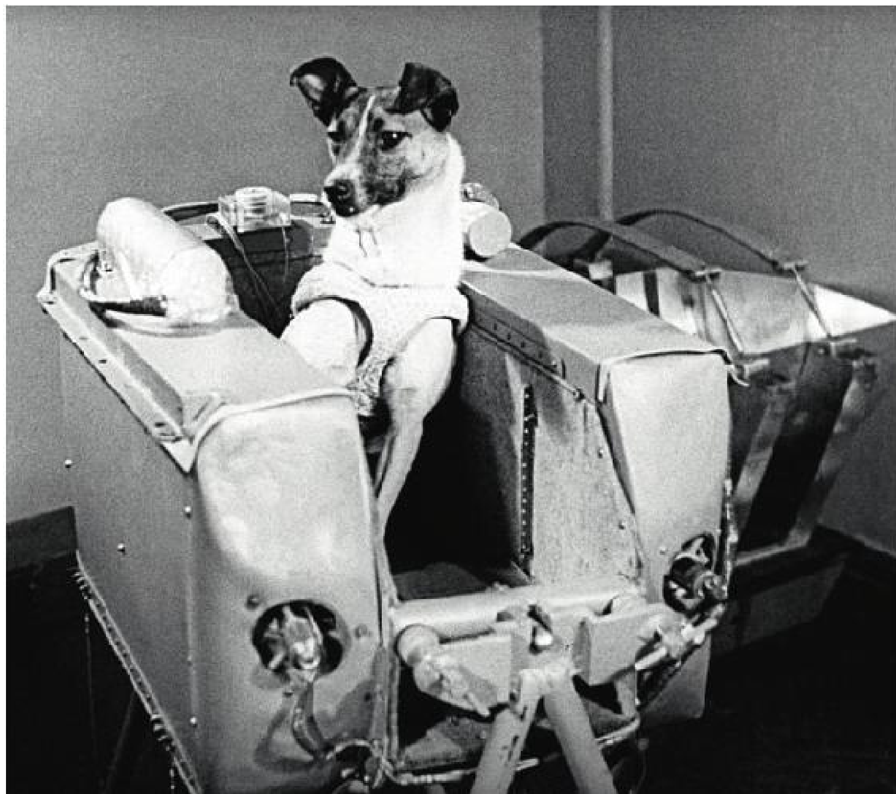


（上图）沃尔特·迪士尼和沃纳·冯·布劳恩讨论太空探索的可行性。



（上图）1957年10月4日，史波尼克发射升空。

当时苏联的领导人，尼基塔·赫鲁晓夫见到美国举国震惊的反应十分高兴。他敦促科罗廖夫尽快再次向太空中发射些物件。一个月后史波尼克2号升空。这次在其上还搭载了一位活生生的乘客——一条叫作莱卡的狗。科罗廖夫的目标显露无遗：他要将人类送上太空。他许诺苏联军队他将研制一颗新卫星用于监测西方国家，但同时他解释道他首先需要招募一名视力极为出色的飞行员，负责隔着卫星的窗户进行目视观测，以核实间谍相机所拍摄到的目标。将军们被他说服，1959年10月，第一批“宇航员”诞生。



（上图）这条叫作莱卡的狗正坐在史波尼克2号中。不幸的是，发射后不久它就死了。



（左图）工程师正在调整探索者1号，它即将成为人类第一台携带科研设备的卫星。

太空竞赛开始

美国前总统德怀特·戴维·艾森豪威尔起初并不想将经费花在火箭上面，他害怕由此而产生的新的“军工联合体”可能会带来的影响。直到海军一枚资金不足的卫星运载火箭“先锋号”在发射台上爆炸，人们才想到再次启用冯·布劳恩，以挽救美国岌岌可危的航天工业。他的团队很快便改造了一枚短程木星火箭并利用它成功发射了一枚卫星——探索者1号。

为了掩盖其军事背景，他们将这枚火箭命名为朱诺。该火箭的设计主要基于美国陆军的红石火箭，而红石火箭，从头到脚都是取材于V-2火箭的各项技术，这其中就包括用于调整排气方向的可调碳晶叶片等核心技术。



1961年4月12日，苏联宇航员尤里·加加林成为第一个进入太空的人。

1958年7月，美国国家航空航天局（NASA）成立，机构成立之初的启动经费仅够支持一台小型载人太空舱水星号的研发。艾森豪威尔坚持这项计划应属于民用范畴，并希望这一项被他视作“如同太空007一样荒

谬”的计划能够早早结束。

又一次挫折

在NASA第一任行政长官基思·格伦南以及他的继任者詹姆斯·韦伯的领导下，冯·布劳恩和他的同事们在追赶苏联的道路上仍旧困难重重。1961年4月12日，当得知尤里·加加林乘坐东方号太空舱环绕地球并安然返回后，美国再一次深深地被科罗廖夫和他的R-7火箭的又一次胜利所震撼。当时新上任的美国总统约翰·肯尼迪急欲回应，“如果有任何人能告诉我怎样才能够赶上那些苏联人，咱们就立刻把他请来。我才不管他会不会是那边的那位清洁工，只要他知道该怎么做就行。”

阿波罗发射

3天后，由美国中央情报局（CIA）在幕后支持的由古巴流亡人士所组成的突击旅试图推翻菲德尔·卡斯特罗的政权。这次尝试是一次彻底的失败，这也使得肯尼迪为了恢复他自己的声望不得不将工作重心转向了航天。4月20日，他问当时的副总统林登·约翰逊，一位热衷于为美国建立太空优势奔走活动的政治家，“我们是否有机会通过在太空中建造实验室，绕月飞行，或是将火箭降落在月球上面击败苏联人？有没有什么空间项目能够带来足够令人瞩目的成果帮助我们获得胜利？”

最终还是决定让NASA启动其载人航天项目。1961年5月5日，阿伦·谢帕德乘坐水星号太空舱飞入太空，尽管他的旅程仅有短短的15分钟，但这已足够鼓舞肯尼迪的信心。在1961年5月25日一次历史性的演讲中，他是这样对美国的国会议员们说的：“我相信现在到了这个国家兑现承诺的时刻，去完成这个目标——在这个10年结束前，将人类送上月球。”苏联的第一位宇航员升空后的第23天美国的第一位宇航员飞入太空，阿波罗计划正式启动。如果没有这3个星期，肯尼迪可能永远也不会向月球招手。



（上图）在NASA成立之前，太空研究由美国国家航空咨询委员会领导。

“1958年7月，NASA成立，机构成立之初的启动经费仅够支持一台小型载人太空舱水星号的研发。”



（上图）任务完成，谢帕德正在被救援直升机吊起。



（右图）谢帕德接受由约翰·肯尼迪亲自颁发的杰出贡献奖。

阿波罗1～6号



“我相信现在到了这个国家兑现承诺的时刻，去完成这个目标——在这个10年结束前，将人类送

上月球，并安全返回地球。”约翰·肯尼迪。

悲喜交加的阿波罗早期任务

目标：

日期：



已运抵发射场的土星1B号的一部分，这台火箭原定用于阿波罗1号的发射任务。

大部分阿波罗计划的任务及其编号大家都耳熟能详。包括第一次成功实现载人发射的阿波罗7号，第一次成功实现绕月飞行的阿波罗8号，第一次成功登月的阿波罗11号，在爆炸中险象环生的阿波罗13号，最后

一次飞向月球的阿波罗17号。那么，在这之前的阿波罗1-6号又是怎样的呢？

1966年2月阿波罗的第一个组件飞入太空轨道，这次实验主要用于对服务舱的发动机和太空舱的防热罩进行功能测试。发射采用了土星1B号——一枚装有8个燃料仓的过渡型火箭。尽管这枚火箭还不足以用来飞往月球，但已足够将阿波罗推出地球束缚。虽然服务舱的发动机运行的并不流畅，太空舱的返回动作也不甚完美，但无论如何阿波罗还是安全地返回了地球。这次任务被命名为阿波罗土星201（AS-201）。1966年又进行了另外两次土星1B号的无人飞行，用于测试各项系统功能，其中就包括在太空中重新启动上面级的液氢燃料发动机的测试。

强大的土星5号火箭在1967年11月9日启动了它的第一次飞行，这次飞行被命名为阿波罗-土星501（AS-501），它也常常被称作阿波罗4号。这次飞行看上去一切正常，但其后1968年4月的一次无人飞行（AS-502或称阿波罗6号）却使NASA阵脚大乱。土星5号在这次飞行过程中经历了多次剧烈的震动，同时多个发动机失效，装有阿波罗组件的上面级受损严重。而这一次让人不愉快的发射又恰巧发生在一起骇人听闻的悲剧之后，在NASA上下仍极度惊骇的时刻。

阿波罗任务AS-204本应是指令舱与服务舱的第一次载人测试。1967年1月27日，宇航员加斯·格里森，埃德·怀特和罗杰·查菲钻进了指令舱执行常规的倒数演练，此时的土星号甚至还没有添加任何燃料，但一场爆炸却发生了。

“而这一次让人不愉快的发射又恰巧发生在一起骇人听闻的悲剧之后，在**NASA**上下仍极度惊骇的时刻。”

任务成员



维尔吉尔·加斯·格里森



埃德·怀特



罗杰·查菲



（右图）阿波罗1号的成员们正在练习如何从指令仓脱离出并登上救生筏。

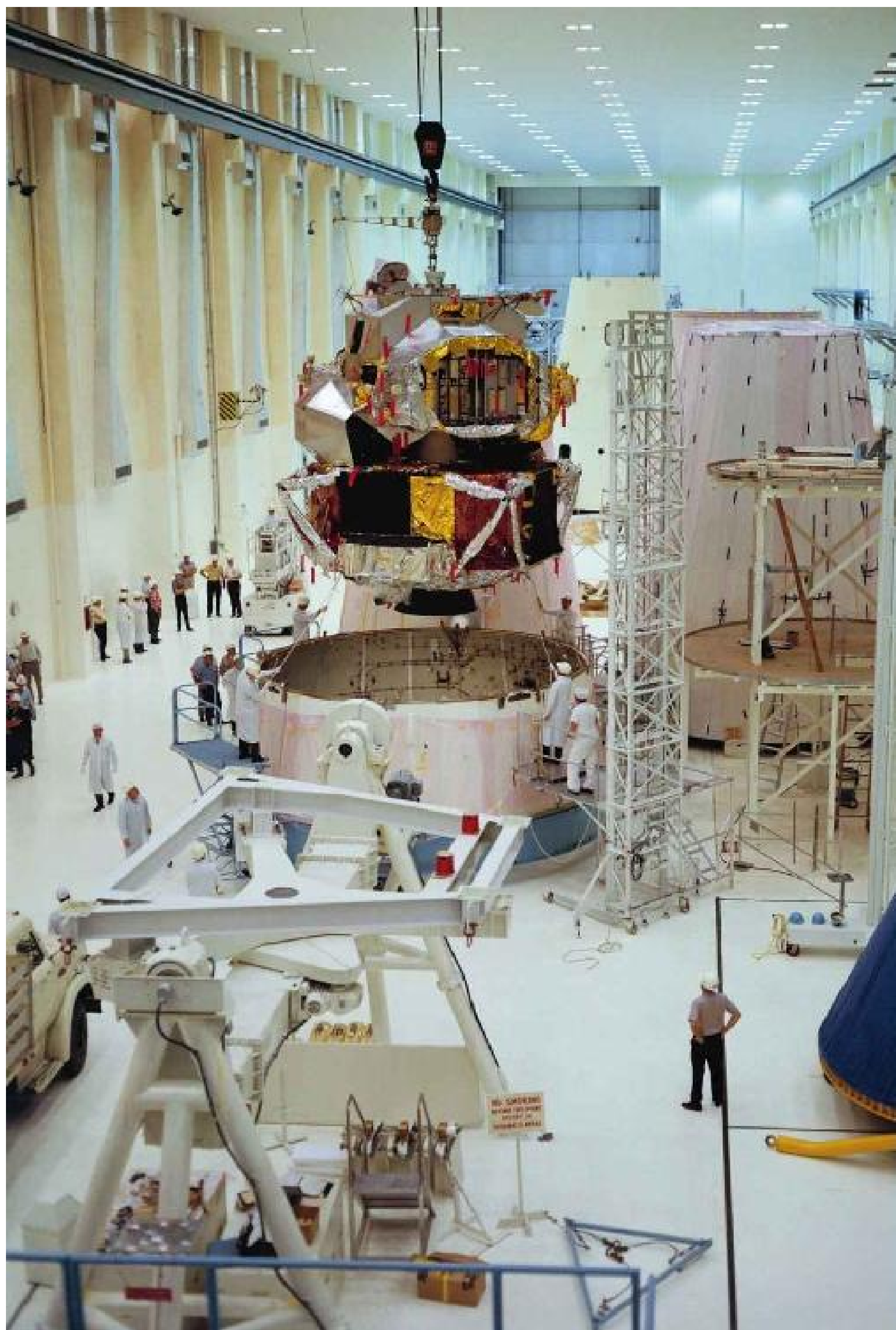
（上图）在安装到土星1B号上端进行发射之前的阿波罗1号。



（上图）（从左到右）查菲、怀特和格里森正在指令舱中接受训练。



（左图）吊车正将毁于大火的阿波罗1号指令舱放下来。



用于阿波罗5号无人任务的登月舱正在被吊装入位。

1966年2月26日：AS-201

1966年7月5日 ：AS-203

1966年8月25日 ：AS-202

1967年1月27日 ：AS-204/阿波罗1号

1967年11月9日 ：阿波罗4号

1968年1月22日：阿波罗5号

1968年4月4日 ：阿波罗6号



（上图）阿波罗7号的成员施艾拉（左）和康宁翰出现在1968年1月的无载人阿波罗5号发射现场。

“当发射台技术人员将阿波罗厚重的舱门锁紧，宇航员被封死在里面的时候，所有人的情绪都极度紧张。”

当查菲爬进指令舱时，他抱怨指令舱里有一股酸奶的味道。紧接着，无线电里便传出嘈杂的干扰声。接着格里森大喊：“该死的，如果我们在地上都没有办法联系到控制中心，到了太空又怎么去联系他们？”当发射台技术人员将阿波罗厚重的舱门锁紧，宇航员被封死在里面的时候，所有人的情绪都极度紧张。

悲剧发生

测试已经进行了5个小时，格里森变得失真的声音从噼噼啪啪响着的无线电通道传来，“舱里着火了。”几秒后，另一个声音，或许来自怀特，更加急迫地喊道：“嘿，我们这里着起来了！”紧接着传来一阵痛苦的嚎叫。之后，无线电里除了静电的嘶嘶声，一片死寂。

发射台上的工作人员都聚拔在高高的吊架上面，拼尽全力试图救出宇航员。但浓烟难以穿透，温度又是如此之高。最终他们用了4分钟才将舱门打开。但这时，3名宇航员已经牺牲。载人阿波罗项目也因此在国会调查NASA期间被无限推迟。

尽管每个人都尽心尽力，但在指令舱这个纯氧环境内的若干起火隐患在之前确实是被忽视了。这些隐患当中就包括最有可能引起这次火灾的接线错误。

由于这次火灾，阿波罗计划面临经费缩减甚至被取消的极大压力。肯尼迪总统已然逝去，他的继任者林登•约翰逊正全神贯注在越南的战事上面。很多人都认为，现在将人类送上月球这件事已经不如1961年那时重要了。

尚未退赛

在NASA忙着修理土星5号的时候，阿波罗太空舱也被重新设计。1968年1月，一颗土星1B号火箭载着一台无人登月舱升空，以进行一些基本测试，这一次的任务被命名为阿波罗5号。3个月后，土星5号终于做好发射准备。阿波罗的最后一次无人任务——阿波罗6号，也终于得以启动。与此同时，3名牺牲了的宇航员的太太们敦促NASA将那次悲伤的任务重新命名为阿波罗1号，以向英雄们表示敬意，而这也就是阿波罗计划编号系统之所以奇怪的原因。



（右图）阿波罗6号于1968年4月4日发射升空，这是阿波罗计划的最后一次无人试飞。



（下图）这张阿波罗6号发射的照片来自于追逐机。



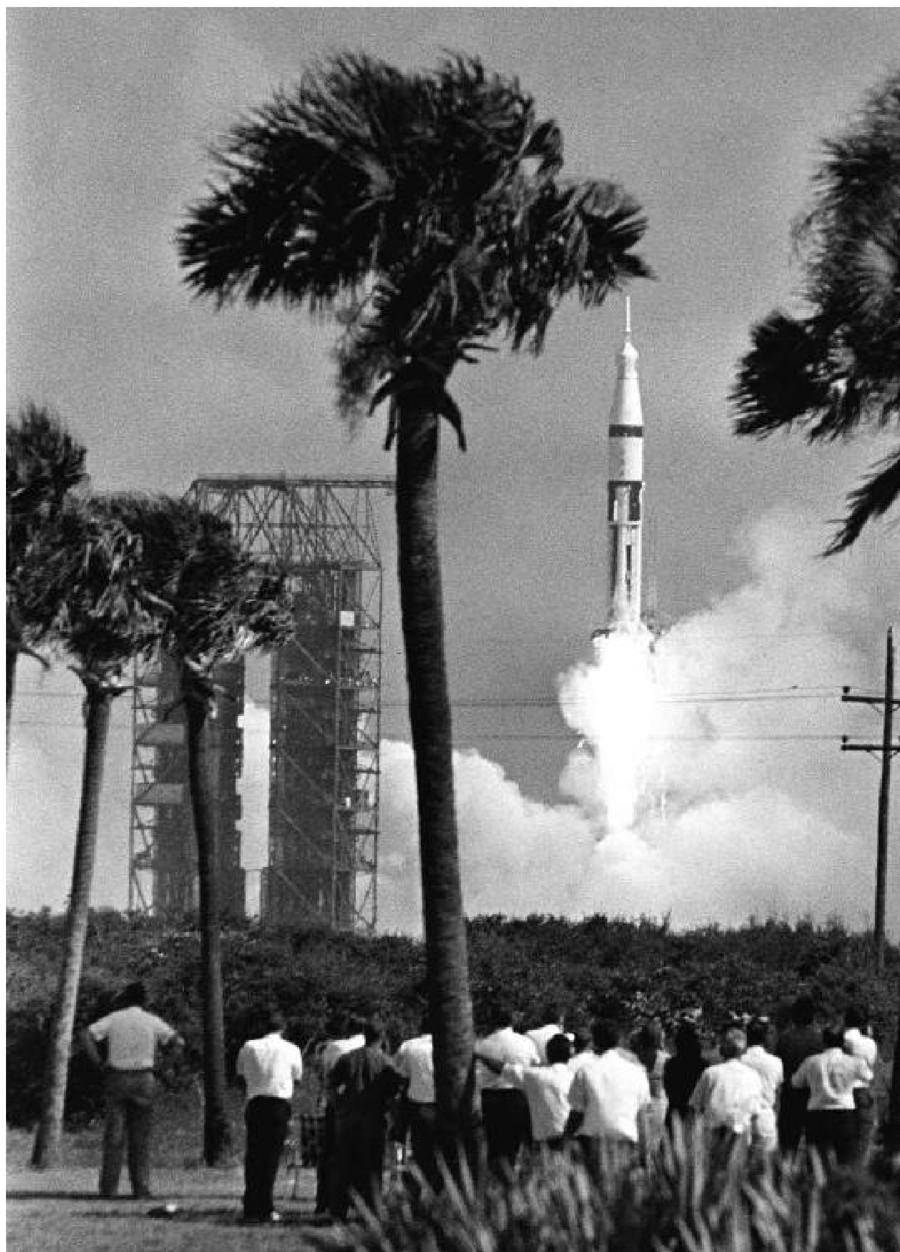
（上图）阿波罗6号试飞时控制中心内的情景。



（左图）脱落后的阿波罗6号的中间级。



1968年10月11日阿波罗7号



阿波罗1号的灾难使得形势十分紧张，第一次载人火箭就在这时从肯尼迪太空中心发射升空。

阿波罗的第一次载人任务帮助NASA重回正轨

任务概要

目标：

任务时长：



充满争议的电视直播终于在任务开始后的第4天开播了。

由于阿波罗1号的劫难，能帮助NASA重拾民众信任的最好方法就是成功地完成一次载人航天飞行。1968年10月11日，阿波罗7号终于携带着一组宇航员到达地球轨道。唐·艾斯利，沃尔特·康宁翰以及指挥官瓦利

·施艾拉的任务就是要证明在阿波罗1号的惨剧之后，重新设计的太空舱能够在太空中实现其各个功能。同时，这次任务还包括火箭S-IVB级的点火测试。火箭S-IVB级在未来的任务中将担负着把阿波罗太空舱以及登月舱从地球轨道推向月球的任务。

在成功将阿波罗7号火箭推至更高轨道后，指令舱与火箭S-IVB级脱离、翻转并进行了多次模拟对接动作。最后，指令仓又多次启动发动机，以确保未来可以搭载宇航员在月球轨道飞行，并能够带着他们加速脱离月球轨道重返地球。

出错了

尽管任务看上去一切正常，阿波罗7号理应被人们庆贺，但当11天后宇航员们终于结束了太空飞行回到家后，他们收到的却是来自高层长官私底下的严厉批评。他们中没有一位能够再次飞入太空。艾斯利和康宁翰都是第一次太空航行，施艾拉则是一位经验丰富的宇航员。他曾经驾驶过水星号和双子星号太空舱，他也认为自己比其他人更清楚如何驾驶太空舱。

“当**11**天后宇航员们终于结束了太空飞行回到家后，他们收到的却是来自高层长官私底下的严厉批评。他们中没有一位能够再次飞入太空。”

航行开始的第一天，当施艾拉决定推迟电视实况直播时，摩擦便在宇航员们与控制中心之间产生了。“我们开的可是一架崭新的航天器。我们决定推迟电视直播，而且不再跟你们讨论这件事。”他在太空患上了严重的鼻伤风。没多久，康宁翰和艾斯利也染上了同样的毛病。正因为如此，他们的脾气变得极为暴躁。“我才是这次任务的指挥官，我要照我自己的办法做”，施艾拉对已大为惊讶的地面控制说。有一次在公开无线电频道中，他抱怨某个硬件的测试简直就像是“被一个笨蛋完成的，思路不清，准备不足。”

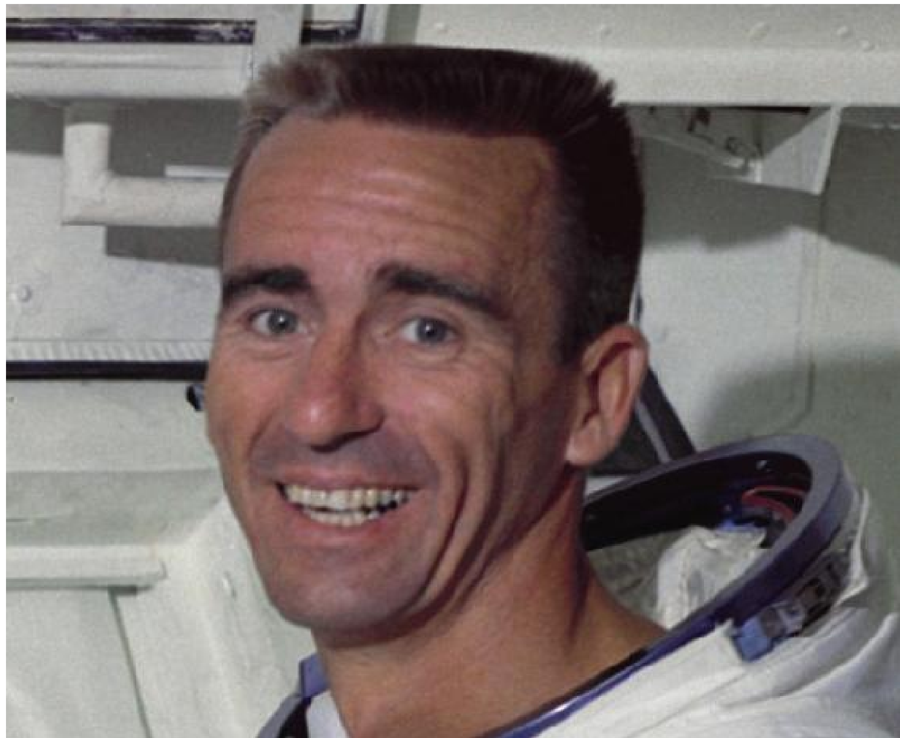
任务成员



沃尔特·施艾拉



唐·艾斯利

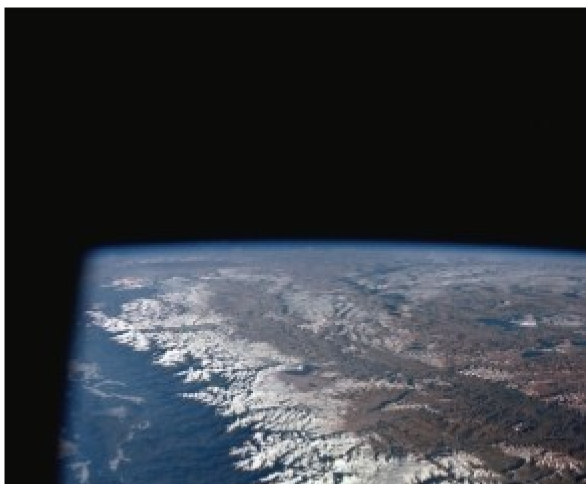


沃尔特·康宁翰

罗纳德·沃尔特·康宁翰生于1932年3月16日，爱荷华州。1963年他作为第二名平民宇航员加入NASA，之前是一名科学家。1971年他离开NASA进入哈佛商学院学习深造。1977年他撰写《全美国男孩》一书，记述了他作为宇航员的那些时光。直到现在，他仍在为太空探索笔耕不辍。



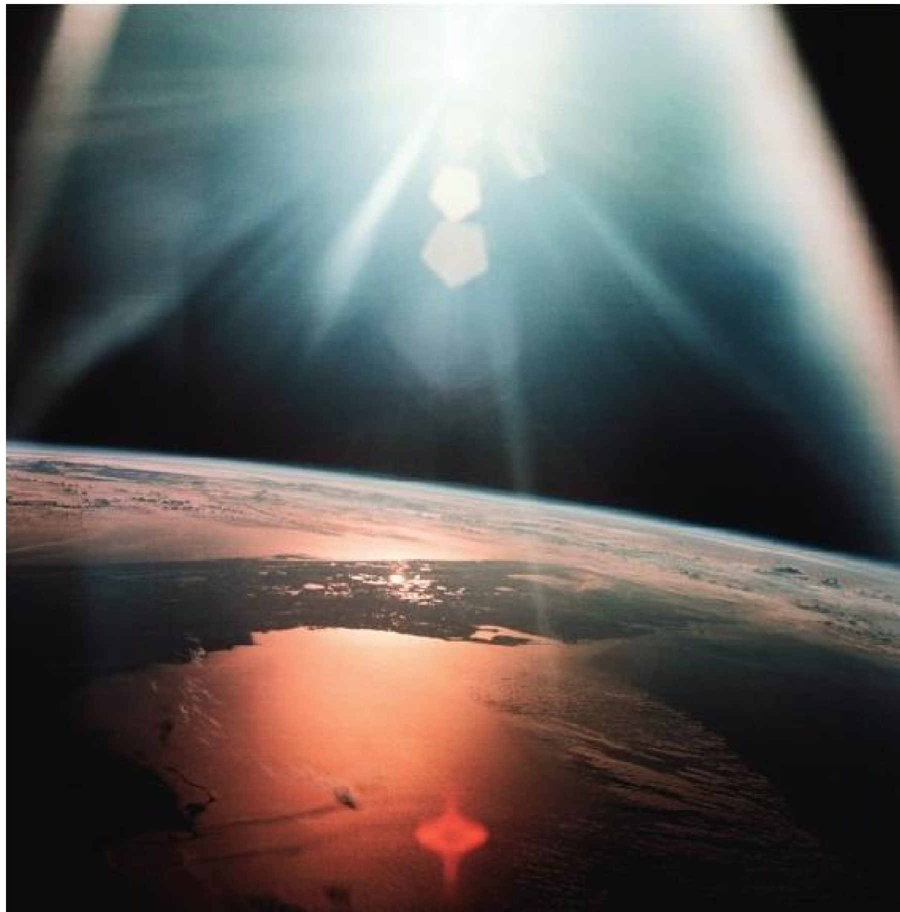
（右图）土星1B号火箭冲向天空。在任务开始的第一天，此时的它正位于大西洋上方的10千米高空。



（下图）远在距地面210千米的太空中，从阿波罗7号上可以看到巍峨的珠穆朗玛峰和地球上其他的一些地貌。



（上图）阿波罗计划从新的角度向人们展示了地球的景色。



（上图）宇航员有幸在执行任务的过程中见到许多壮美的景色，其中就包括在大西洋中倒映着的朝阳。



航天器正行至佛罗里达海岸线上空。S-IVB级在这次航行中起到关键作用，对它的功能测试也是这次任务的重要目标之一。

1968年10月11日

10月11日：起飞后2分钟

10月11日：起飞后10分钟

10月11日：起飞后2小时30分钟

10月11日：起飞后2小时55分钟

10月12日：起飞后26小时24分钟

10月12日：

10月14日：

10月22日：起飞后259小时35分钟



（上图）任务进行到第9天，刚毅、坚定的沃尔特·施艾拉望向太空。

“施艾拉仍旧不服从控制中心的命令。控制中心告诉他：“那是你的脖子，我希望你不会把他折断。”

直播开始

当任务进行到第4天，摄像机终于打开，第一幅实况图像从绕地飞行的美国航天器上传送出来。尽管宇航员们不停地抱怨NASA在公众宣传方面做得太多，紧急飞行系统检查却做得太少，但最后还是坚持完成了6段电视直播。NASA的管理者们在这个问题上则有不同的见解。他们坚持认为美国的纳税人一定要看到运行中的阿波罗。而这绝不是宇航员们与NASA之间因在公众问题上见解不同而发生的最后一次争执。

双方最激烈的争执在当时都被遮掩过去，宇航员们在广播时极尽所能地表现。大众看到的是他们带着笑，举起写着“来自遥远太空的阿波罗操作室里的问候”和“继续给我们发祝福和卡片吧，伙计们”时高兴的面容。他们还向大家展示了太空食品，并透过窗拍摄了太空舱下方旋转着的地球。

当阿波罗7号准备返回大气层时，施艾拉宣布他和他的队员将不会再戴宇航服上的头盔。他们解释说之所以这样做，是因为他们想要自由自在地擤鼻子。控制中心不同意他们的做法，并警告施艾拉：“你最好琢磨一下落地以后如何解释你们没戴头盔的详细原因。”但施艾拉仍旧不服从控制中心的命令。控制中心告诉他：“那是你的脖子，我希望你不会把他折断。”

继续前行

直到2008年10月，这次任务已经结束了40年后，NASA才为阿波罗7号的成员颁发了杰出服务勋章。这一项荣誉对于其他的阿波罗成员都是自动授予。但直到多年以后，施艾拉、艾斯利和康宁翰才无可非议地被当局承认他们对航天器的测试是如此至关重要。

阿波罗7号任务显示出航天器已经可以用来应对未来艰巨的挑战。NASA也通过这次任务认识到要想顺利达成阿波罗计划的最终目标，就需要地面团队与宇航员们建立更深一层的信任、尊重与理解的关系。



（上图）阿波罗7号的着陆极为精准，实际着陆点仅偏离预定位置2千米。



（右图）美国海军将阿波罗7号吊到埃塞克斯号回收舰上。



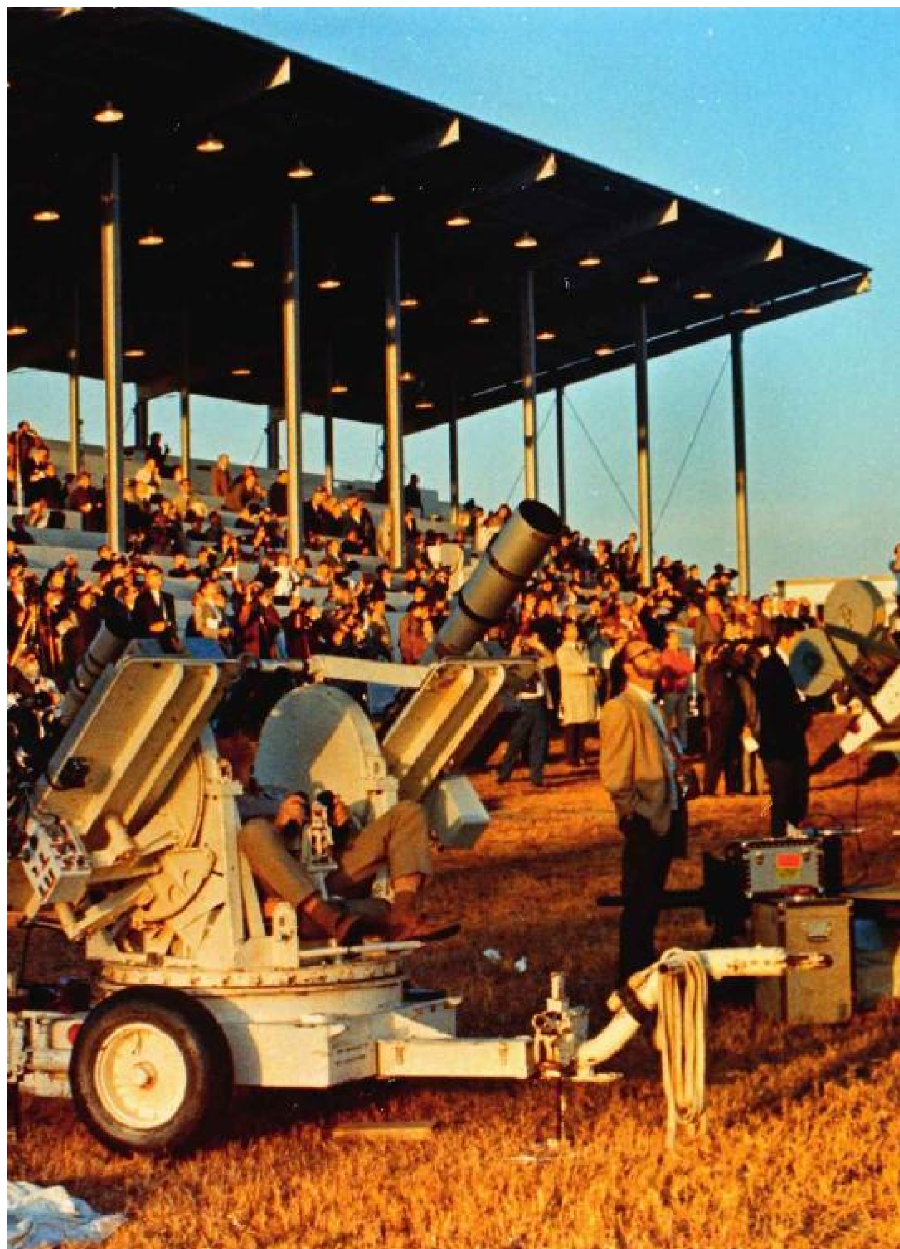
（上图）时任美国总统约翰逊向成员组表示祝贺，但直到40年后，成员们的努力才得到了官方承认。



（左图）尽管任务或许可以看作是成功了，但NASA不得不去调解宇航员和地面工作人员之间的纠纷。


VII
SCHIRRA • EISELE • CUNNINGHAM

1968年12月21日阿波罗8号



肯尼迪太空中心的新闻中心为新闻记者和电视摄像机提供了绝佳的观景地点。

第二次载人阿波罗任务旨在飞向月球

任务概要

目标：

任务时长：

指令舱型号：



土星5号的第一次载人飞行的发射场上，轰鸣声中的一群飞鸟。

阿波罗7号显示了太空舱已经为月球之行做好准备。但土星5号这边的情况却截然不同，尤其是考虑到它在未载人测试项目中所暴露出的那许许多多令人担忧的缺陷。然而，1968年末，阿波罗计划的项目经理们

却做出了一个令人难以置信的决定。下一次土星5起飞的时候，其上将搭载一队宇航员，并将他们直接送往月球。当NASA局长詹姆斯·韦伯听到这一计划时，他勃然大怒：“你们疯了吗？你们正将NASA以及整个阿波罗计划置于危险之中！”

虽然韦伯的担忧不无道理，但是来自秘密情报网的数据却说服了他的继任者汤姆·佩恩，他确定值得冒这个险并将尽快实现载人发射。这时，距离约翰·肯尼迪那著名的“到这个10年结束前”登月誓言里所指的截止日期仅剩下20个月，而苏联人看起来也并没有放弃。尽管他们在那巨大的N-1登月推进器的研发方面进展迟缓，但另一枚尺寸较小的光子号火箭看起来却很有竞争力。也因此就存在着由这枚火箭携载一枚特别改装的单座联盟号航天器在1969年之前绕月的可能性。如果苏联的一名勇敢的宇航员在阿波罗号之前乘坐光子-联盟号实现了绕月飞行，全世界就将会在斯普尼克和尤里·加加林后再一次见证苏联的胜利。

1968年9月14日，苏联发射了一枚无人太空舱。它成功绕月飞行并安然返回地球。但在幕后，苏联在航天方面的工作实际上却非常混乱，可是NASA在当时对此却无从得知。阿波罗计划的工作人员都认为他们依然身处一场残酷的太空竞赛中。也正因为如此，这时唯一的选择就是将土星5号尽快用于登月任务。外形酷似蜘蛛的阿波罗登月舱在这个时候尚未完成，阿波罗8号只好在没有登月舱的情况下进行发射。

一系列密集的地面测试证实了重新设计的为土星5号发动机输送燃料的管道可以去除之前影响近期大部分飞行测试的震动问题，但即使这样，下一次土星5号发射要进行载人飞行仍将冒着极大的风险。

“外形酷似蜘蛛的阿波罗登月舱在这个时候尚未完成，阿波罗8号只好在没有登月舱的情况下进行发射。”

任务成员



弗兰克·伯曼



詹姆斯·罗威尔



威廉·安德斯



当阿波罗8号驶向未知的太空时，控制中心内的气氛同样紧张异常。



为了测试太空舱上搭载的16毫米摄像机，罗维尔正准备拍下即将出现在他们面前的景色。



之前人类从未见过的部分月面有着直径巨大的奇特的陨石坑。



这次任务的成员成为第一批飞掠月球背面的人。



阿波罗8号的宇航员们成为第一批见证地球从月球天际线上升起的人。

1968年12月21日

12月21日：起飞后11分钟

12月21日：起飞后2小时27分钟

12月21日：起飞后2小时50分钟

12月24日：起飞后68小时58分钟

12月25日：起飞后89小时19分钟

12月25日：

12月27日：起飞后147小时



（上图）广受欢迎的主持人沃尔特·克朗凯特正在肯尼迪太空中心准备阿波罗8号发射的现场播报。

“当他们发现仅用大拇指就可以将地球挡在各自的视线之外时，两人心中都产生了不安的情绪。”

到达月球的第一人

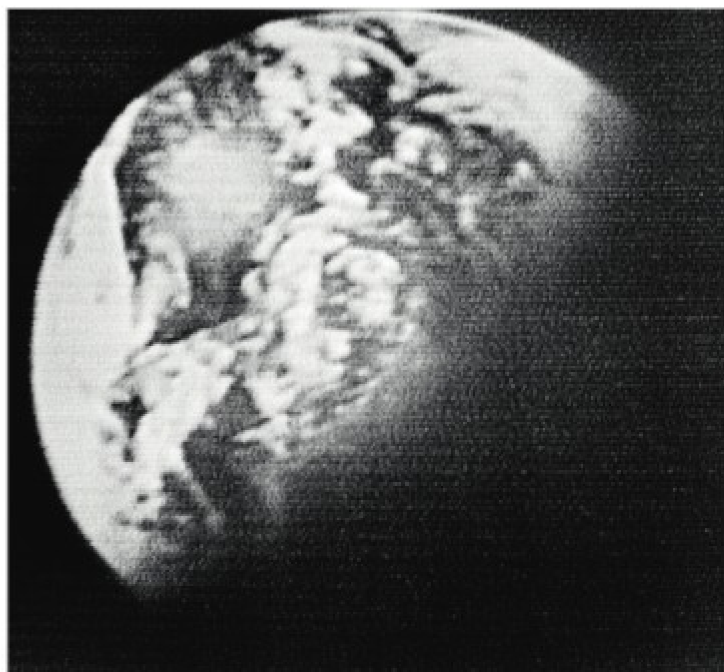
1968年12月21日，阿波罗8号踏上了它传奇的旅程。这次任务的指挥棒交给了弗兰克·伯曼，一位极聪明并且为太空舱设计提供过帮助的宇航员。伯曼与国会之间的紧密关系又使他得以在太空项目处于低谷时，将对项目并不热衷的政客也拉到NASA一边。他的组员包括了未来将要驾驶命途多舛的阿波罗13号的詹姆斯·罗维尔和威廉·安德斯。

阿波罗8号是第一个载人离开地球驶向另一个世界的航天器。任务开始后的第二天，当航天器远离地球77000千米的时候，宇航员们传回了第一幅电视画面。在画面中，地球被一片黑暗所包围。尽管地球看上去只是一个白色的光斑，但那画面仍让人的心灵受到震撼。

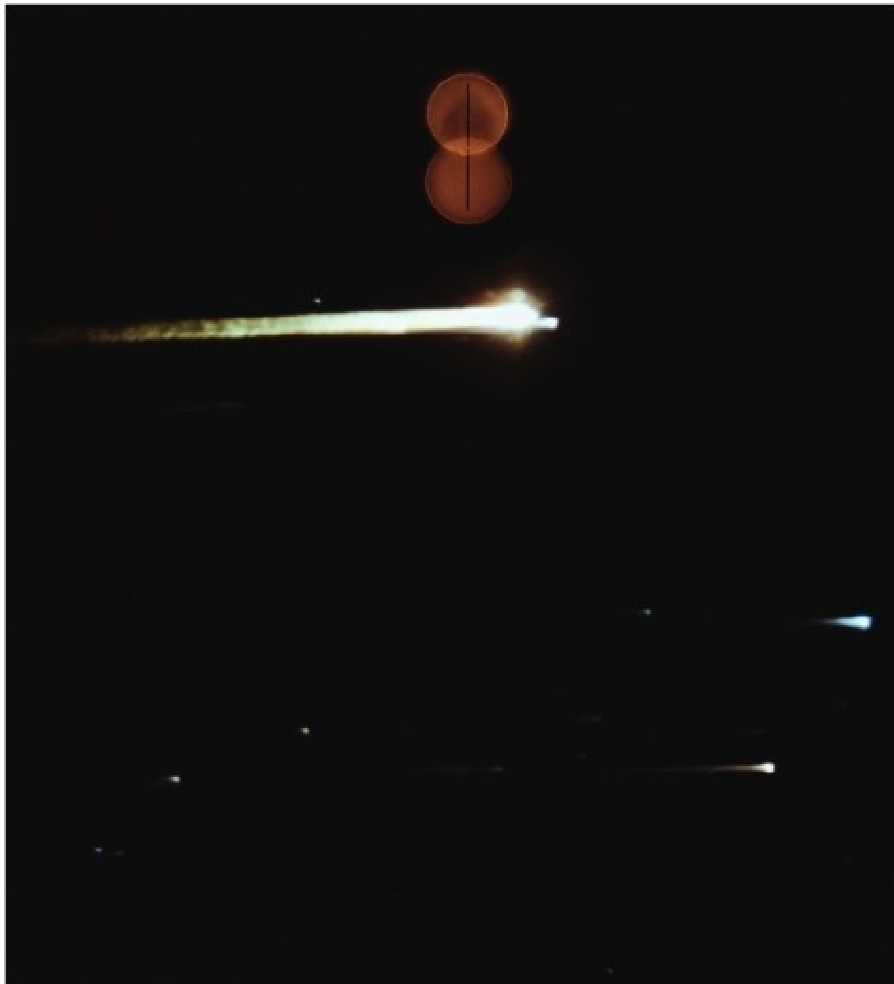
伯曼既是一名经验丰富的宇航员，又可以作为一名严厉的指挥官与队员融洽相处。他曾经要求队员们专注于各自的仪器："我不想见到你们往窗外看。"但当伯曼没有盯着他们的时候，罗维尔和安德斯都偷偷瞄向了渐行渐远的地球。当他们发现仅用大拇指就可以将地球挡在各自的视线之外时，两人心中都产生了不安的情绪。

1968年的圣诞节，全世界的电视台都转播了来自阿波罗8号的广播。在这次广播当中，宇航员们一同诵读了《创世记》中的文字。尽管这期节目无法取悦无神论者，但是大多数人对阿波罗计划所取得的成就都抱着欢迎的态度。

阿波罗8号为NASA带回了一些远比预期更为珍贵的东西。所有的报纸和期刊都刊登了地球从月球的天际线上升起的照片。人们开始感受到地球在宇宙中看上去是多么的孤独。安德森后来评论道："最初我们是去探索月球，但我们最重要的发现却是我们的地球。"



（右图）在航天器返航的途中，电视机前的观众得以看到这样一张地球的图像。



（下图）阿波罗8号重入大气层的一刻被安装在一架飞机上的跟踪相机抓拍到。



（上图）着陆后，一块巨大的庆祝蛋糕呈现在宇航员们的面前。



（左图）直到凌晨2点，还有超过2000人在埃灵顿美国空军基地等待迎接宇航员们的归来。


BORMAN LOVELL ANDERS

1969年3月3日阿波罗9号



一枚巨大的土星5号火箭正被运往发射台准备发射。

登月舱在地球轨道上完成了首秀

任务概要

目标：

任务时长：

指令舱名：

登月舱名：



肯尼迪太空中心内，工作人员正在小心翼翼地将这台娇贵的登月舱挪动入位。

1968年圣诞节期间，阿波罗8号绕月飞行的壮举震惊了全世界，但是，有两个问题仍然悬而未决：其一是如何将人类送上月球表面，其二是如何把他们安然带回地球。能够一举解决这两个问题的答案就依赖于

那长得像蜘蛛一样的登月舱。可是格鲁门公司的工程师们没能将它准时交付。但这也不能怨他们，毕竟要想制作登月舱这样的全新设备，所需要的技术绝对是前所未有且难度极高的。

阿波罗9号的任务就是要在相对安全的地球轨道测试登月舱的性能。詹姆斯·麦克迪维特是本次航行的指挥官，大卫·斯科特负责驾驶指令舱，拉塞尔·施维科特则被任命为登月舱的驾驶员。NASA的每个人都在祈祷这次飞行能够一切顺利。肯尼迪总统那著名的“在这10年结束前”将人类送上月球的截止日期即将到来。如果这次登月舱有任何闪失，那么可供格鲁门公司修复设备的时间将少得可怜。

1969年3月3日，在经过平稳的起飞阶段并驶入地球轨道之后，从土星5号火箭上面级释放这台叫作蜘蛛的登月舱的时间终于到了。斯科特将外号橡皮软糖的指令舱翻转了180度，使其对准位于蜘蛛舱顶位置的圆形对接舱门。但是指令舱的推进器却貌似不能正常工作。

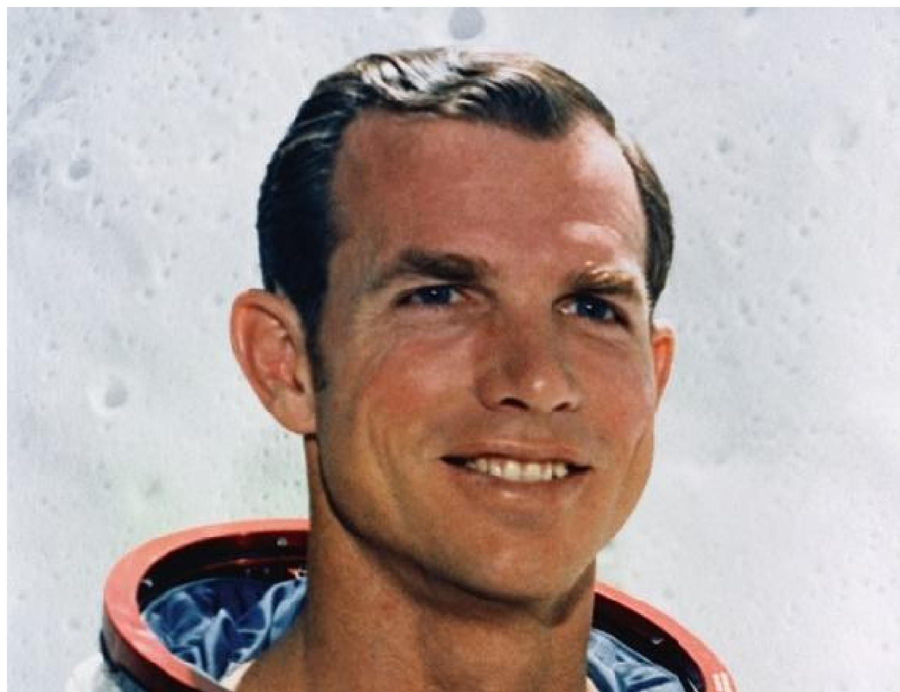
但作为双子星8号的老宇航员，斯科特上次和尼尔·阿姆斯特朗就遇到过推进器被锁死在“打开”状态、航天器飞速旋转不受控制险些丢掉了性命的情况。现在，他害怕同样的推进器问题会再次降临到阿波罗9号身上。所幸的是，控制中心很快发现原来是起飞时的冲击导致推进器上的阀门被暂时关闭。麦克迪维特重新扳动了一遍控制开关便解决了这个问题。

“如果这次登月舱有任何闪失，那么可供格鲁门公司修复设备的时间将少得可怜。”

任务成员



詹姆斯·麦克迪维特



大卫·斯科特



拉塞尔·施维科特



宇航员向等待中的航天器走去，迈出他们在地面的最后几步。



在一片烟雾中，阿波罗9号从发射台起飞，开始了飞向宇宙的旅程。



控制中心也是50多名地面工作人员的“家”，他们夜以继日地工作以保障任务顺利进行。



宇航员们正在测试新研发的电视摄像机，这台摄像机将被用于拍摄月球。



在地球轨道上，登月舱开始了它这次先驱性的任务中上升阶段的飞行。

1969年3月3日

3月3日：起飞后3小时1分钟

3月6日：起飞后73小时7分钟

3月7日：起飞后92小时39分钟

3月7日：起飞后99小时2分钟

3月7日：起飞后101小时22分钟

3月13日：起飞后240小时31分钟

3月13日：起飞后241小时1分钟



（上图）在任务执行的第一天，蜘蛛登月舱仍旧搭载在土星5号运载火箭上，在太空中航行。

“他们想在重返地面前，静静感受独处太空的那份情感体验。”

另一个让人不愿意看到的意外则跟人有关。当人们提到宇宙病时，几乎无法预言谁会发作，谁又不会发作。有的宇航员在地面测试的时候还呕吐不止，到了太空却状态良好，有的宇航员在地面可以通过大夫各种严苛的检查，一旦上了轨道却又吐得昏天黑地。阿波罗8号上那位严厉的指挥官弗兰克·柏曼，在那次飞行当中就患上了令他极为头疼的宇宙病。而这一回轮到施维科特成为患上宇宙病的倒霉蛋。他在太空中呕吐了两次，这无论对他还是他的队员来说，都是让人十分不悦的体验。

还可以来次太空行走吗？

但问题在于，在第三天的原定计划中，施维科特需要完成一次太空行走。当时他正要测试当登月舱与指令仓由于任何原因无法对接时宇航

员从登月舱转移至指令仓的步骤。控制中心允许施维科特转而完成一次难度较低的太空行走任务。这一次，他将从蜘蛛长方形的前舱门爬出，站到着陆器前腿上一个被称作“门廊”的小平台上。这样，就无须再进行漂浮到指令仓上的动作。斯科特这时正从橡皮软糖侧面的舱口探出头望向施维科特。两人互相为对方拍下了难忘的照片。

3月7日，在航行的第5天，施维科特终于恢复了健康。他和麦克迪维特驾驶着蜘蛛完成了一次为时6小时的独立飞行。这台精密的机器证明了它能够完成登月所需的所有动作，以及在登月任务结束后最重要的与指令舱对接的动作。

即使顺利如此，当登月舱的上升级完成任务飞向斯科特身后，阳光终于在上升级一侧闪现出来时，斯科特才感觉如释重负。“你真是我见过的最大、最友善、长得最可笑的蜘蛛，”在无线电中他高兴地对同事们说道。但此时NASA的工作人员却没有预料到在詹姆斯·麦克迪维特调整登月舱进行对接时，太阳将直射向他的双眼。

任务的最后5天主要用于进行对地球的观测以及科学实验。队员们在工作之余将橡皮软糖舱室内的灯光调暗，透过悬窗注视着地球和星星。他们想在重返地面前，在那些拨动开关的乏味声与推进器巨大的轰鸣排山倒海地袭来之前，静静感受独处太空的那份情感体验。

10日，也就是在轨的最后一天，麦克迪维特对斯科特说道：“大卫，我太累了，这将是我的最后一次飞行。”斯科特表示全然理解。

在麦克迪维特2004年的自传《月球的两面》中，他写道：“NASA让这些任务看起来特别容易，可是实际上它们却真的是很难、很难。”



（上图）施维科特抓拍到站在指令舱舱口的斯科特。这时，地球恰好从斯科特脚下浮现出来。



（右图）直到太空舱在大西洋中“着陆”的一刻，任务才终于圆满完成。



（左图）施维科特、斯科特和麦克迪维特重返地球，人们以红毯盛情相迎。



（上图）阿波罗9号是NASA最后一枚降落在大西洋中的太空舱。此时它正停靠在距回收舰约5千米的地方。


McDIVITT
SCOTT
SCHWEICKART
USA
APOLLO IX

1969年5月18日阿波罗10号



史塔夫（左）和塞尔南（右）正在进行登舱前的最后准备。

距离月球行走是如此之近，却又如此之远

任务概要

目标：

任务时长：

指令舱名：

登月舱名：



1969年5月18日，阿波罗10号从肯尼迪太空中心的B发射台发射升空。

1969年5月18日发射升空的阿波罗10号，是第一个携带登月舱前往月球的航天器，它的任务是要尽量接近月球表面但又不进行任何实质性的登陆。NASA需要测试登月舱上升级在飞行当中紧急情况发生时的分

离功能。NASA不希望在“应急预案”没有完全预演好之前就进行任何实质性的登月行动。托马斯·史塔夫是这次任务的指挥官，约翰·扬负责驾驶指令舱查理·布朗，而尤金·塞尔南则负责驾驶登月舱史努比。

小问题还未等大戏开场便已跃然台上。5月22日，阿波罗10号这时正运行在月球轨道上。史塔夫和塞尔南即将准备将史努比从查理·布朗上脱离，以驾驶它开启之后为时8个小时的独立飞行。但就在这时，他们却发现太空舱的对接口间绝缘圈已经松动，这使得两太空舱并没有对准，进而很可能使得两者之间的气封无法紧密接合。如果在接口处出现任何破损，太空舱在脱离之后将无法再次对接。控制中心权衡利弊后认为这种风险出现的可能性很小，史努比终于得以出发。

“阿波罗10号是要尽量接近月球表面但又不进行任何实质性的登陆。”

两个半小时后，史努比以距月球表面15.4千米的距离完成了一次低空飞行。当静海在舱口中出现的那一瞬间，史塔夫和塞尔南都觉得自己仿佛伸出手就可以触摸到它。在查理·布朗的座位上，扬从舱口瞥到下方120千米外的史努比已经变成一个小点在月球上空高速飞行。

计算机问题

一切看起来运行正常，但当两小时后，在近距飞行快要结束，准备抛弃上升级的时候，史努比上的航天员们却突然发现自己的性命已危在旦夕。

任务成员



托马斯·史塔夫



约翰·扬



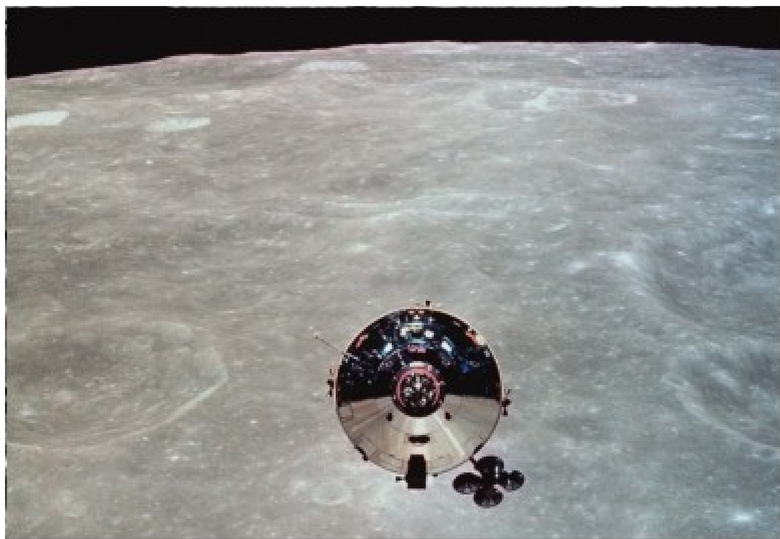
尤金·塞尔南



广阔的未知：登月舱在重新上升前距离月球表面仅有16千米之遥。



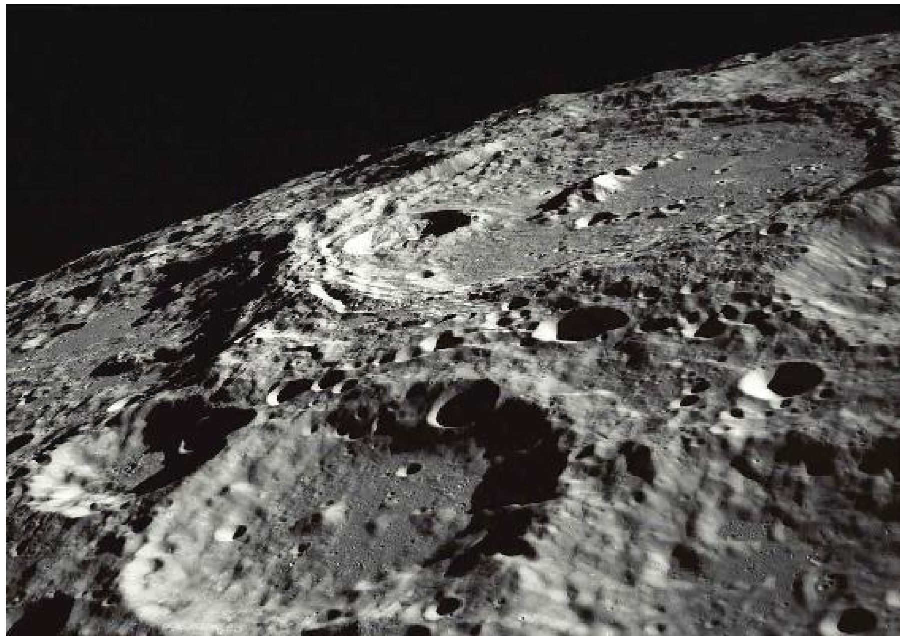
扬继续操控着查理·布朗在史塔夫和塞尔南驾驶的史努比上空120千米处航行。



在这次盛装演习中，史塔夫和塞尔南已比任何前人更接近月球表面。



宇航员在距离地球160934千米处拍下了这张地球的照片——欧洲和非洲清晰地出现在照片当中。



这张照片是在史努比上用手持70毫米相机拍摄的月球表面。

1969年5月18日

5月18日：起飞后2小时39分钟

5月18日：起飞后3小时6分钟

5月18日：起飞后3小时17分钟

5月22日：起飞后80小时25分钟

5月22日：起飞后98小时12分钟

5月22日：起飞后100小时41分钟

5月22日：起飞后102小时45分钟

5月23日：起飞后106小时22分钟

5月26日：起飞后192小时3分钟



（上图）最紧张的一刻：任务进行第一天的控制中心。背景中，站在正中央的是飞行任务主任克里斯托弗·克拉夫特博士。

“在接下来那紧张的3分钟里，航天员努力地将陀螺仪保持在安全工作范围之内，最终控制住了航天器。”

登月舱的导航计算机此时正同时工作在两个“对立”的飞行模式下。其中一个飞行模式负责计算如何将登月舱安全下降至月球表面，另一个飞行模式则利用时刻指向天空的雷达监视着上方绕着月球旋转的指令舱的位置。这也正是阿波罗10号要测试的登月舱所应处在的一个工作状态。

登月舱下降级刚一脱离，上升级就开始不受控制地疯狂旋转起来。史努比的“电子大脑”完全混乱了，不再能够确定登月舱到底是在向上驶离月球还是向下接近月球。“混账东西！”塞尔南大声地咒骂。“我们遇到

麻烦了！”史塔夫报告道。四周闪亮的警报灯告诉他们旋转过于剧烈，导航陀螺仪已经难以发挥作用。在接下来那紧张的3分钟里，航天员努力地将陀螺仪保持在安全工作范围之内，最终控制住了航天器。

当航天器的这一系列令人头晕目眩的动作终于结束，史塔夫和塞尔南发现上升级已经略微偏离预定的轨道。但是，舱上的计算机在这时却完美地矫正了这一偏差，一切再次恢复正常。查理·布朗也如预想一样重新出现在视野当中。登月舱与指令舱的对接口也在发出“当”的一声之后完美对接。

这次戏剧性场面出现的主要原因是登月舱上的一个开关被误拨了。由于舱内两名宇航员同时响应了控制中心所发出的命令，在互相没有察觉的情况下，一起拨动了一个本应只有一个人操作的开关。这就使得这个开关的状态实际并没有发生改变，也正因为如此，史努比的导航系统陷入了瘫痪。

请注意你的言辞

就在这时，在地球这一头的佛罗里达州，一名教士听到了塞尔南与地面通信时骂的“混账东西”。他向NASA写信，指责这名宇航员不当的措辞。在任务结束后，塞尔南向他道歉，并说道：“在那短短的10秒里，月球的地平线在我的眼前就旋转了七八次，这种体验实在是太吓人了。”

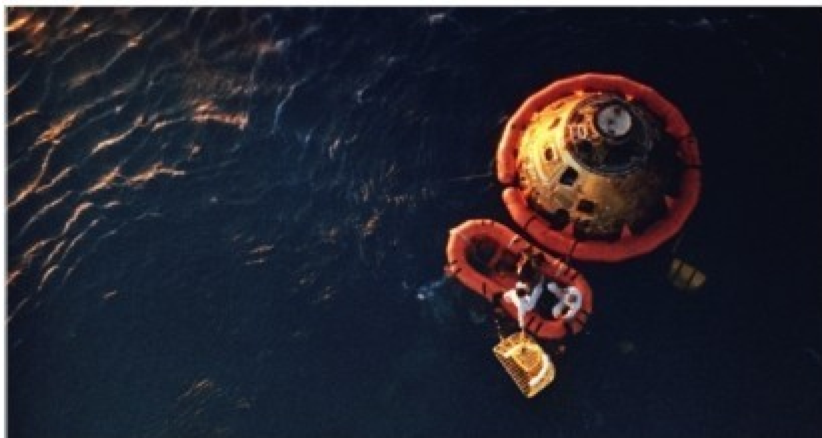
NASA的地面团队同样感受到了肩头的历史重担。阿波罗10号的任务已经结束。距离阿波罗11号起飞并完成将人类送上月球的挑战仅剩下50天。阿波罗11号的3位宇航员将以前所未有的姿态站在聚光灯下。这一次无论他们背负的压力有多大，他们都需要字斟句酌地表达他们自己的想法才行。



（上图）查尔斯·舒尔茨的查理·布朗和史努比正在任务中心守护着和他们同名的太空舱执行任务。



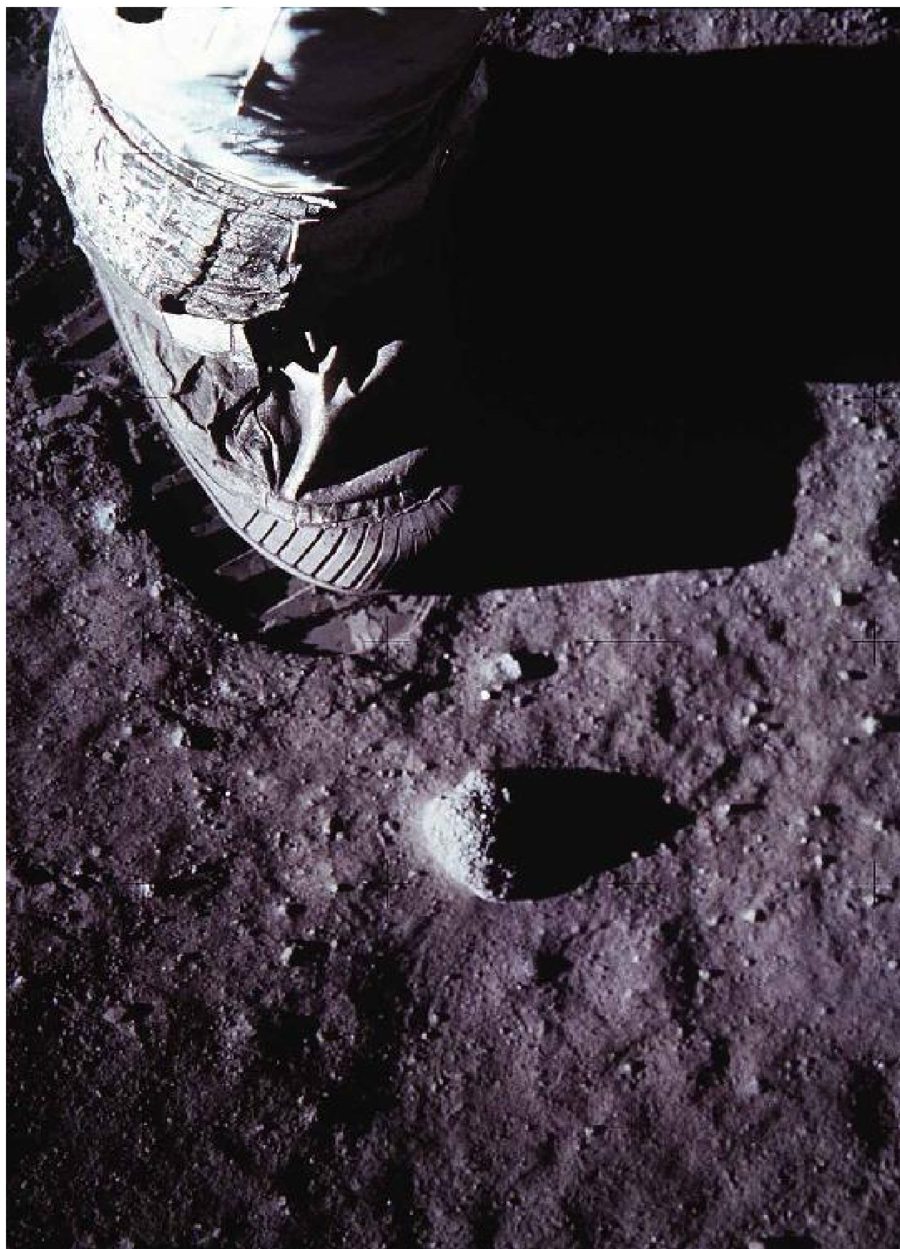
（左图）在这次任务成功后，阿波罗10号的成员们参加了佛罗里达州可可比奇的游行。



（上图）降落：成员们等待着回收直升机把他们接走。


APOLLO
X
STAFFORD YOUNG CERNAN

1969年7月16日阿波罗11号



“这是个人的一小步，人类的一大步。”

人类第一次迈进了另一个世界

任务概要

目标：

任务时长：

月面驻留时间：

指令舱名：

登月舱名：



我们起飞了！1969年7月16日美国东部夏季时间9点32分，阿波罗11号轰鸣着冲向天空。

假如阿波罗11号任务在执行过程中出现问题，又当如何？从1969年7月16日发射，再到8天后太空舱返回地球，在大部分时间里任务的进展都很完美。完美到我们甚至已经忘记了如果当时阿波罗11号没有成功，

后果又将如何。

距离历史上最著名的一条总统誓言中所提到的那个“在这个10年结束前”所剩的时间已经不多了。7月20日，指令仓哥伦比亚以及登月舱老鹰已经到达月球轨道。尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林已经驾驶登月舱完成脱离，开始他们前往月面的旅程。从这一刻起，只要他们在“亡者地带”那短暂的10秒范围外，其他任何时候都可以放弃行动返回哥伦比亚。

在下降过程中的最后3分钟里，有10秒的时间老鹰下降速度如此之快，导致它需要使用全部燃料才能克服太空舱下降时的冲量。如果在这10秒内出现任何一点问题，阿姆斯特朗和奥尔德林都将会坠毁在月面之上。

在抵达亡者地带前20秒，意外发生了。驾驶舱内的一台计算机亮起了警报灯。“程序警报。”阿姆斯特朗说道。“1202。”奥尔德林回应。在控制中心，26岁的史蒂夫·贝尔斯这时正监视着老鹰的计算机系统。当老鹰的控制面板上另一个警报灯亮起的时候，资深飞行控制员吉恩·克兰兹迫切地想要知道，“1202到底是什么？”“稍等。”贝尔斯回答。但是对于即将驶入亡者地带的阿姆斯特朗，他急需一个答复。“快告诉我1202到底是什么！”他问道。这时的他其实是在问是否需要取消着陆行动。

“距离历史上最著名的一条总统誓言中所提到的那个在这个10年结束前所剩的时间已经不多了。”

如果贝尔斯建议取消，他就必须立刻做出决定。他迅速地做出了可能是他平生最勇敢的一个决定。并在无线电中向克兰兹以及所有地面控制员广播。在保存至今的磁带中我们还可以听到他那以颤抖和害怕的声音向大家宣布的“忽视警报，继续降落”。

任务成员



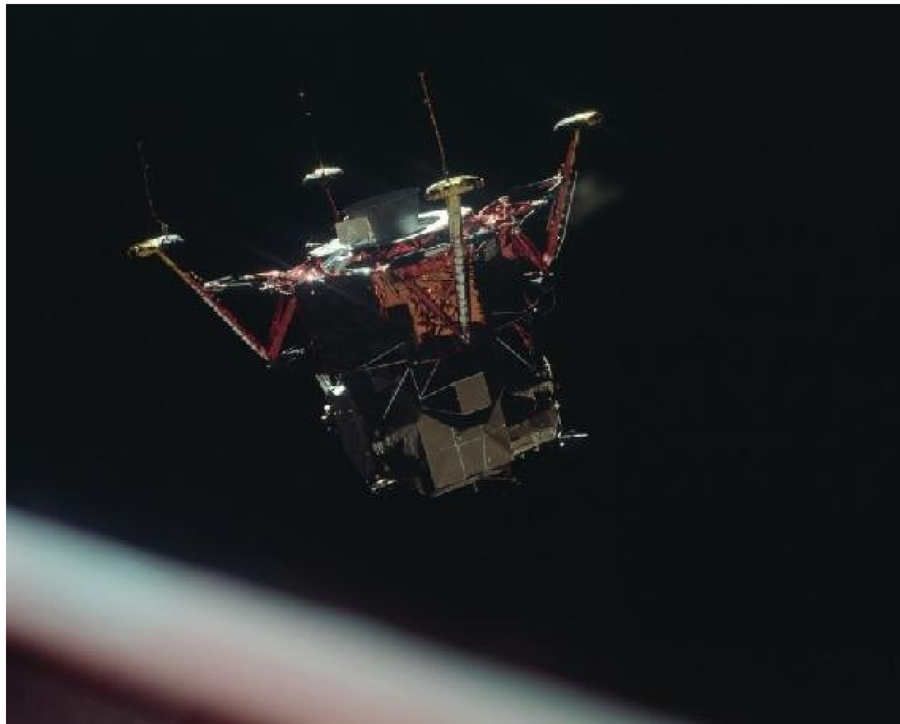
尼尔·阿姆斯特朗



迈克尔·柯林斯



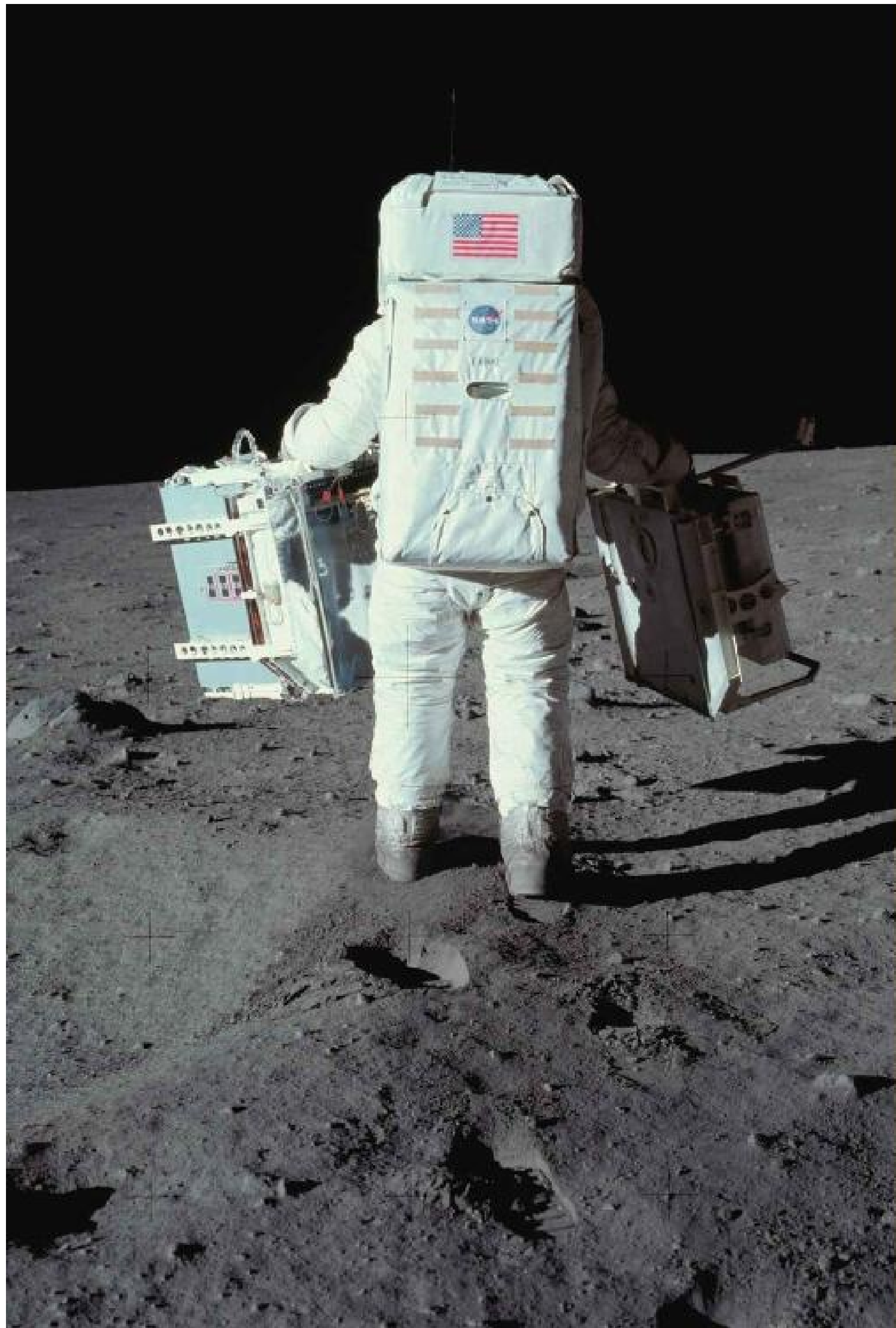
爱德文·巴兹·奥尔德林



（右图）刚刚完成分离的老鹰开始前往月球表面的最后一段旅程。



（下图）登月舱驾驶员巴兹·奥尔德林正从老鹰上下降到月球表面。



奥尔德林拿着将要部署的实验设备，这些设备将被用于地月监测。

1969年7月16日

7月16日：起飞后2小时44分钟

7月19日：起飞后75小时49分钟

7月20日：起飞后100小时12分钟

7月20日：起飞后102小时38分钟

7月20日：起飞后102小时44分钟

7月20日：起飞后102小时45分钟

7月21日：起飞后109小时24分钟

7月21日：起飞后111小时39分钟

7月24日：起飞后195小时18分钟



（上图）阿姆斯特朗（左）和奥尔德林竖起了美国国旗，这一刻被老鹰上的相机定格在胶片上。

当登月舱理应降落在月面上的时候，屏幕上却显示着登月舱突然以极高的速度向前冲刺。难道尼尔和巴兹失去对登月舱的控制了吗？

尽管此时克兰兹已经吓坏了，但他并没有反驳这位年轻的同事。幸运的是，计算机工作正常，老鹰也平安地穿过了亡者地带。贝尔斯还没有从刚才的惊吓中缓过神来，负责与登月舱联络的查理·杜克又开始通过无线电向已离月面不远正悬浮在发动机喷出的热气上的老鹰发出了一条新的极短的警报："60秒"。这是杜克在用一种极简的方法告诉阿姆斯特朗及奥尔德林，"你们的油箱里仅剩下60秒的燃料，得赶紧把航天器降落了。"

人工操作

这边紧盯显示着遥感结果屏幕的克兰兹和他的团队越看越紧张。当登月舱理应降落在月面上的时候，屏幕上却显示着登月舱突然以极高的速度向前冲刺。难道尼尔和巴兹失去对登月舱的控制了吗？

在经过了漫长的10秒等待之后。终于，奥尔德林在无线电中回复，"着陆轻盈，控制方式转换为自动模式，发动机已关闭。"尽管这才是人类踏进另一个世界所说的第一句话，但历史可能更喜欢将其后阿姆斯特朗所说的镌刻在人们的记忆当中，"休斯敦，这里是静海，老鹰已着落。"

此时杜克的回应已被淹没在大家喜悦的欢呼声中，"收到，静海，我们收到你已着落。你把我们这儿的一帮人憋得脸都紫了，谢天谢地，我们又可以喘口气了。"

阿姆斯特朗向大家表示歉意，说道："休斯敦，降落的最后阶段感觉

非常漫长，但是自动目标系统将我们降落在了一个到处都是巨砾和岩石、只有橄榄球场大小的陨石坑里了”。正因为如此，他才多用了几秒的时间将老鹰漂浮在距月球表面几米的高度，并在附近找到了一块安全区域成功着陆。

道歉对于此时的休斯敦实属多余。“小心了，我们这边的屋里可全是笑脸，”杜克回应。“我们这边也有两张笑脸，”奥尔德林说道。你们可别忘了指令仓里也有一张笑脸，”柯林斯补充道。他之前最大的担忧就是降落出现悲剧，而他将作为唯一一名幸存的宇航员独自飞回地球。

9个月后，人们才惊讶地发现这一次月球之行几近险象环生，多亏了幸运女神在阿波罗11号这一边。后来亚瑟·克拉克写到，“可能终将有这么一天，阿波罗计划成为唯一一件能够让人们在回忆美国、人类祖先甚至遥远的行星地球时想起的事情。”



（上图）哥伦比亚正在被降到主回收舰USS黄蜂号的甲板上。



（上图）时任美国总统尼克松祝贺已安全返航的阿波罗11号的宇航员们。在任务后，这几名宇航员仍要被隔离21天。



（上图）柯林斯、奥尔德林和阿姆斯特朗在隔离舱内休息。



（左图）为期45天的“一大步”巡回访问自纽约开始。在这次访问当中，成员组访问了25个不同的国家。



阿波罗问与答全收录

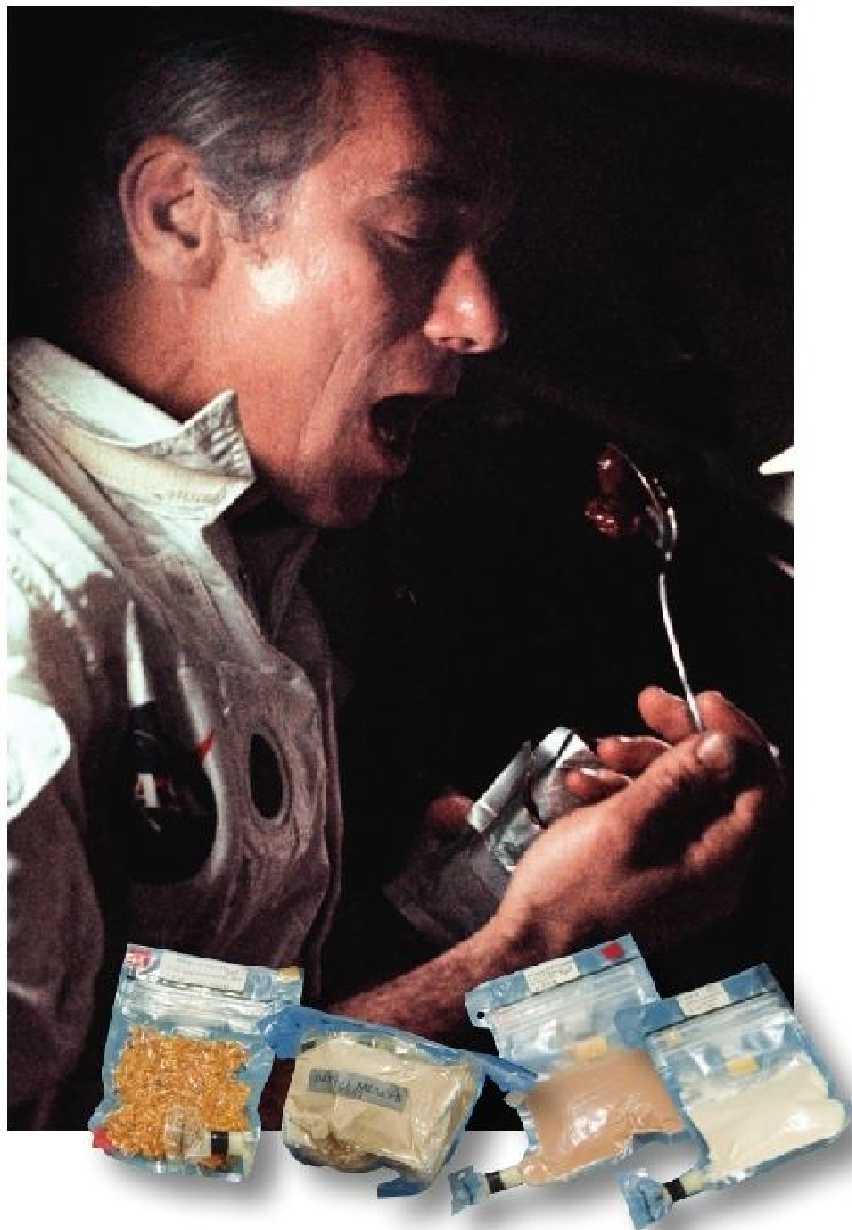
让我们一道发现阿波罗的宇航员们的日常生活是怎样的——这将包括他们吃什么、怎么解决个人卫生问题，以及他们是如何训练的。

问题 他们吃什么？

宇航员的食物必须重量轻、紧凑并能够适合在零重力条件下食用。为了避免产生食物残渣，防止残渣进入设备当中造成设备损坏，科学家们用尽了各种办法。

阿波罗7号上宇航员们吃的主要是脱水后再水化的食物。例如，各式各样的虾类和鸡肉沙拉。尽管这听起来好像还不错，但这些沙拉可能更像宝宝们吃的那些流体食物而非一顿好吃的正经沙拉。宇航员们在吃的时候，需要先往食物包装里注上水，然后不断挤压包装让水和食物得到充分的混合，最后需要靠挤才能把食物弄出来吃掉。光准备这些食物就需要花费很长时间，所以并不受宇航员们的欢迎。在阿波罗8号上引进了热稳定的“湿包装”食品。这些食物味道更好，准备起来也更加容易。

到了1968年的圣诞节，宇航员已经都可以开始用勺子大口去吃火鸡和肉汤了。这绝对是个重大突破。这些食物表面的水分可以使食物即使在零重力的环境下还可以待在勺子里。阿波罗11号的宇航员更是吃上了切达奶酪片和法兰克福香肠。阿波罗12号上宇航员的食谱里还加入了极受宇航员们欢迎的低温脱水炒蛋。到了阿波罗14号，登月服里就内置了用于饮水的装置，在后续任务当中在衣领内甚至还增加了食物棒。这使得宇航员们在月球上也可以保证液体和能量的摄入。



阿波罗17号上尤金·塞尔南正在享受一顿美餐。

（右图）阿波罗10号最先引用的勺碗包装食品。在吃的时候，先将热水或冷水从袋子上的管子里面注进去，然后用勺子从袋子上方的开口挖着吃。

他们在太空中是怎样上厕所的？

这可能是太空生活当中最不那么令人向往的部分。在宇航员大便的时候，他们需要将一个塑料袋用胶条粘在自己的屁股上。失重问

题在阿波罗计划中从未得到解决。因此，在便便袋的一侧另附了一个手指头大小的小袋子。宇航员在便后就可以用这个小袋子帮助他们把便便从屁股上拨开。然后他们会在便便袋里面放入一粒杀菌剂，挤压袋子，把它和便便搅和在一起。阿波罗7号的宇航日记中写到，“我得光光，拿着一大沓子手纸，准备拉上一个钟头……”但即使前辈们已经如斯，到了阿波罗10号上还是出了问题。像“空中浮着一条便便”这样的情况在这次航行中就出现过两回。

相比较而言，小便就容易多了。宇航员可以在身上系上一个橡皮口袋。这种橡皮口袋有3种尺寸，分别是小号、中号和大号。迈克尔·柯林斯回忆时提到在阿波罗11号上，成员们更喜欢称它们为“超大号、巨大号和大到无语的号”。宇航员将尿袋子另一头接到一根管子上，当管子上的阀门打开的时候，袋子里面的尿就会被排放到太空里面。尽管说起来简单，但实际操作起来就没那么容易了。如果阀门开得太早，宇航员的私处也会被吸住，疼痛难耐。如果开的太晚，一滴滴的尿液又会悬浮在太空舱里，或是飞到早已对此无动于衷的队友身上。



（右图）安装在金属阀门上的可以套在私处上的套子是排尿系统的一部分。



肯尼迪总统和NASA的官员们正在听取关于阿波罗计划的简报。

问题：阿波罗计划到底花了多少钱？

计划最初所确定的预算约为70亿美元。但是，NASA的主管詹姆斯·韦伯在将预算提交到副总统约翰逊之前，将预算提高到了200亿美元。尽管包括总统在内的很多人都被这个数字给吓到了，但事实证明韦伯的估算更为准确。1973年，交给国会的最终财报上给出该计划的总花销为254亿美元，相当于今天的1700亿美元。

宇航员怎样睡觉？

宇航员睡在他们的“固定睡袋”里。这些睡袋被固定在太空舱内，防止宇航员在睡觉时到处乱飞。睡袋安置在左右座椅的下方以及右侧座椅的上方。当不使用它们的时候，它们可以卷起来。宇航员到达月球时，月球的重力则可以让宇航员们安然睡在登月舱的地板上。



塞尔南抽空补一个觉。

宇航员的选拔过程是怎样的？他们又是怎么样训练的？

候选宇航员需要接受针对心理和身体的多项测试。他们首先需要满足的基本要求包括：年龄在25~35岁之间，身高不得超过1.8米，拥有工程或者物理学位，最后还需要不少于2000小时作为试飞员的飞行经验。

他们的训练种类多样而且要求非常严苛。不仅如此，他们还需要在

高重力加速度的极限环境下完成训练，需要学习在零重力环境下如何移动腾挪，甚至于还要练习如何插旗。为了重建月球上的低重力环境，宇航员甚至被侧吊着在墙上练习太空行走。当尼尔·阿姆斯特朗着陆时，他说在月球上行走比训练时简单多了。地质学知识也是需要学习的内容之一。后来的阿波罗成员还要练习如何驾驶月球车。由于按计划太空舱通常要降落在水中。所以这些宇航员还要用上放置在游泳池或者墨西哥湾的模型飞船，去练习如何从中出来。考虑到太空舱还有降落在陆地上的可能，所以所有宇航员还要学习丛林和沙漠的生存技巧。



尼尔·阿姆斯特朗在练习为月面样本拍照。

他们如何解决个人卫生问题？

航天器上备有一包牙线、3支牙刷和可以被安全吞食的牙膏。

阿波罗10号的成员是第一批在太空中刮胡子的人。尽管投入了大量的时间和精力寻找可以在太空中使用的电动剃须刀，但是，电动剃须刀总会使胡须碎屑飘浮在空中，如果它们最终进入机器内部，将会造成严重的隐患问题。有人建议使用剃须刀配合剃须膏。由于剃须膏可以使胡须不会到处乱飞，剃完一擦即可。实践证明这个方案确实可行、有效。



在太空航行8天后，迈克尔·柯林斯刮了个胡子。



在阿波罗7号任务中，沃尔特·施艾拉患上了感冒。

有没有人在太空中生过病？

答案是“有”，阿波罗7号上的所有成员就都感冒了。由于太空中没有重力可以帮忙把鼻子里的鼻涕擤出来，所以太空中患上感冒将会是一件非常不舒服的事情。这几位成员在太空中的脾气变得越来越暴躁，甚至在返回的过程中因为想要擤鼻涕而拒绝佩戴头盔。

晕船在宇航员当中更是常见。在阿波罗8号上，伯曼就同时患上了晕船和腹泻。他的同伴罗威尔和安德斯不得不帮着他在太空舱内把呕吐

物和粪便颗粒一个个地找到并收集起来。



（上图）拉塞尔·施维科特展示月球上的宇航员是如何穿戴的。

他们是怎样呼吸的？

航天器上配备有制氧机为舱内加压，可以保证宇航员正常呼吸。

当宇航员在月面上时，他们佩戴有便携式生命支撑系统，也就是宇航服后背上的那个大箱子。这套系统为宇航员提供氧气吸入的同时，能够移除宇航员呼出的二氧化碳。

宇航员们都穿戴了些什么？

每一名宇航员都有3身量身定制的服装。第一身是一件相当于内衣的全棉连体衣。因为它被宇航员贴身穿着，这件衣服就必须保暖舒适。每次任务执行前，都会为每位宇航员配发两套这样的连体衣。第二身服装通常被称为“飞行外衣”。它包括一件夹克、一条裤子和一双靴子。这身服装由特氟龙这种阻燃且不会导致皮肤瘙痒的材料制成。宇航员在太空舱内穿着的就是这身服装。

最后一身衣服就是宇航服了。宇航员会在起飞、重返大气层以及月面行走时穿着这件5层的连体衣。这身衣服能够在其内部提供恒定的气压及温度，同时在衣服里面还有一层纸尿裤以帮助飞行员在穿着衣物时解决内急。在阿波罗1号事故发生后，宇航服的最外层改为不燃层。



（上图）尼尔·阿姆斯特朗在月球上迈出第一步时穿的宇航服。



（上图）阿波罗8号发射时在控制中心坐镇的飞行指挥官克利福德·查尔斯沃斯

他们如何进行通信？

宇航员与地球上的飞行员一样，依靠无线电进行通信。对于无线电信号而言，只要信号传输路径中间没有遮挡，距离就不是问题。这也同样意味着，当指令舱转到月球远端的时候，指令舱上的宇航员是无法与月面上的成员或是地面控制进行联络的。

1969年11月14日阿波罗12号



肯尼迪太空中心，登月舱模拟器里的皮特•康拉德和阿伦•比恩。

差点酿成悲剧的第二次载人登月

目标：
任务时长：
月面驻留时间：
指令舱名：
登月舱名：


起飞不久，阿波罗12号就被闪电击中两次。

第一批登上月球的人包括一名害羞的试飞员和一名拼命三郎一样的工作狂。没有哪个地方写着首批登月的宇航员应该怎样如何，队员的随机抽取以及硬件的状态才是决定宇航员命运的主要因素。就差那么一

点，首批登月的可能就变成阿波罗12号上那一队充满欢乐、可爱的成员。如果那样的话，飞行结束后，NASA肯定会考虑到他们各人的才艺将他们任命为太空大使。

阿波罗12号指令舱扬基快船里的3名宇航员包括任务指挥官皮特·康拉德、指令舱驾驶员理查德·高登以及登月舱驾驶员阿伦·比恩。他们彼此相识已有多年，在加入NASA之前均是美国海军的飞机驾驶员。他们可能是NASA所派遣过的宇航员中最适合作为阿波罗号成员的人。

百里挑一

康拉德　、高登和比恩不仅智慧和魅力出众，同时还具备宇航员必需的所有基本素质。这其中就包括了当航天器遭受雷击时能够沉着应对这一条。1969年11月14日早晨，火箭在潮湿多云的天气中起飞后仅半分钟，就被雷电击中了两回。这两道巨大的闪电击中了土星5号火箭的顶端，顺着火箭穿过火箭后面排出的巨大炙热的尾气，直达1千米下方的地面。

在任务结束后，康拉德曾经回忆道："主警报开始在我耳边响起。当我越过主仪器面板望向外面，那景象真是令人震惊。"

太空舱内的所有警报信号灯全部亮起，把舱内映的像圣诞节时的商店橱窗一样。控制中心已经做好下达取消飞行命令的准备。一旦执行，逃逸塔将带着太空舱脱离运载火箭，保证宇航员的生命安全。其后，控制中心便可以遥控引爆土星5号以避免任何火箭碎片飞向有人居住的区域。

"太空舱内的所有警报信号灯全部亮起，把舱内映的像圣诞节时的商店橱窗一样。"

任务成员



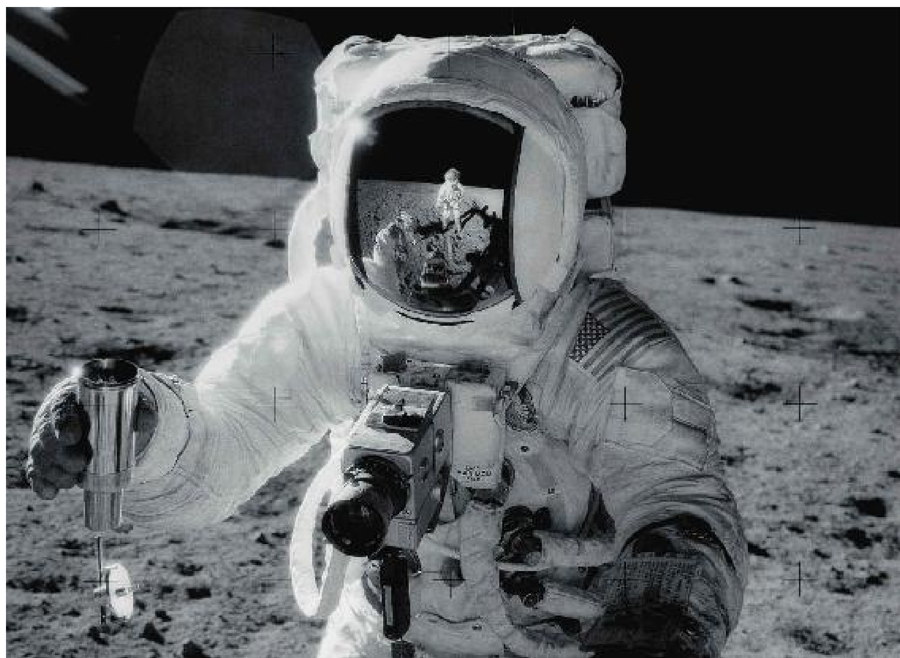
查尔斯·皮特·康拉德



理查德·高登



阿伦·比恩



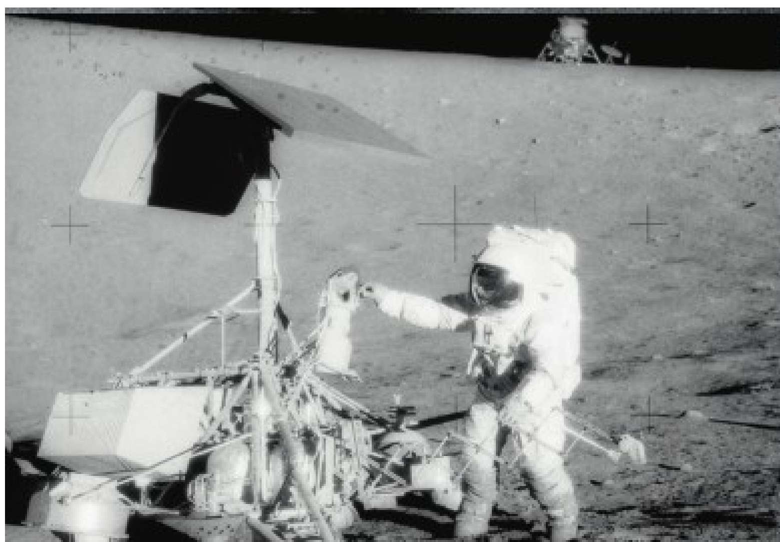
阿伦·比恩收集准备带回地球的月壤样本。



起飞后不久，数道闪电便击中了土星5号火箭和发射塔。



发射室内的技术人员正在听候阿波罗12号以及控制中心解决电气问题。



康拉德在检查已到达月球2年的勘测者3号机器人。



月球之爱：宇航员在月球表面发现了一个心形的凹陷。

1969年11月14日

11月14日：起飞后11分钟43秒

11月14日：起飞后2小时53分钟

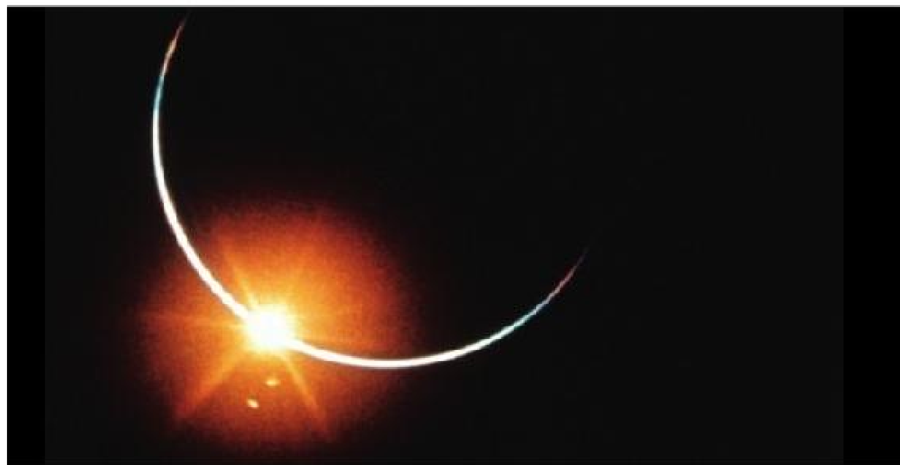
11月19日：起飞后107小时54分钟

11月19日：起飞后110小时32分钟

11月19日：起飞后115小时10分钟

11月20日：起飞后133小时53分钟

11月24日：起飞后244小时36分钟



（上图）返航途中，当地球恰好移动到阿波罗12号和太阳之间时，宇航员们有幸见到了这壮美的日食。

“哇！哥们，对于尼尔来说这可能只是一小步，但对我来说这可是一大步啊。”

但是，一位年轻的NASA电气专家约翰·亚伦指出，警报很有可能是因为闪电扰乱了阿波罗的通信信号而造成的误报，并不一定是源自飞船本身的问题。依他所见，土星5号的飞行姿态良好。就像现在IT技术支持部门在遇到计算机故障时通常会建议用户重启一下一样，他建议宇航员重新拨动一下控制面板上的一个开关。奇迹出现了，开关一经拨动，数据传输立刻恢复正常。

尽管扬基快船上的系统出现错误，但土星5号火箭上的系统正常运转，完美地将阿波罗12号推入正确轨道。其后，将扬基快船上的控制进行恢复对于宇航员来说就是一件相对容易的工作了。

阿波罗12号上的导航计算机的运算能力尚不及现在的一块电子手

表。然而，它却是有史以来人类所发明的最结实的计算机之一。这台计算机是一个完全的硬连线系统，它的软件都是通过蛇行在大大小小的圆形磁芯周围的导线的不同走线方式来实现的。这使得它的软件无法被复写，也无法被擦除。即使面对闪电的威胁，对它来说也只是小菜一碟。重启之后，一切再次恢复正常。

登月开始

11月19日，康拉德和比恩将无畏精确无误地降落在风暴洋的预定着陆地点。

同日，当康拉德踏上月球表面开始执行他两次月球行走当中的第一次时，他说道：“哇！哥们，对于尼尔来说这可能只是一小步，但对我来说这可是一大步啊。”比恩紧随其后。但很快，他就因为不小心将电视摄影机指向了太阳而把机器给烧坏了。但这些都无关紧要。公众这时候对NASA最近的这次登月行动已不再那么关注，他们已经从阿波罗11号的兴奋当中慢慢平息了。

在11月20号的第二次舱外活动中，康拉德和比恩到达了他们的首要目标之一——“勘测者3号”登月机器人。尽管机器人上面盖满了尘土，但在月球度过了两年的它依旧完好。他们将安装在其上的摄影机带回地球。NASA的科学家发现，那次发射时不小心进入到摄像机内的地球上的细菌在这台摄像机里面竟然仍旧存活着。

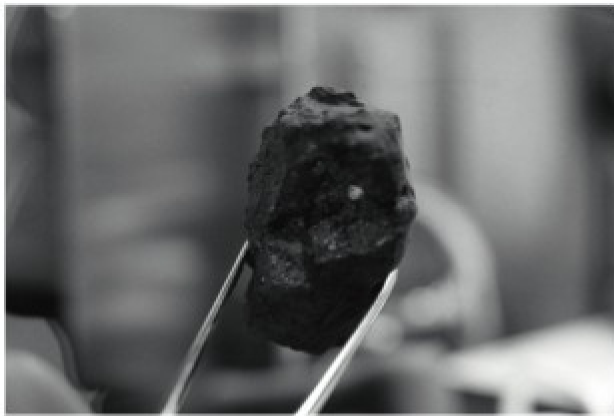
除了起飞时的提心吊胆以及后来将电视摄影机烧坏以外，阿波罗12号堪称一次完美的登月任务。无论是媒体还是公众都开始认为飞往月球已经是一件司空见惯的事情。但是，NASA的下一次任务却彻底地改变了这一切。



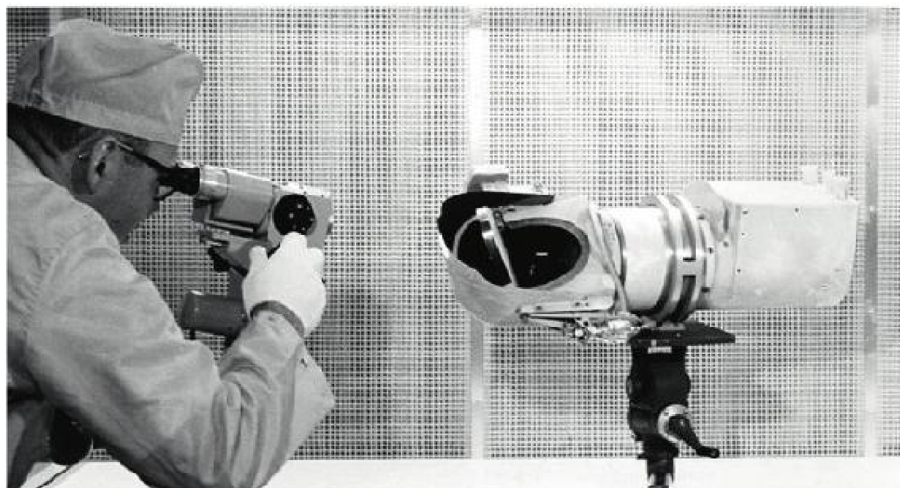
（上图）安然无恙：宇航员们从回收直升机走向隔离舱。



（右图）搭载着成员组的隔离舱正在向得克萨斯的月球物质回收实验室驶去。



（上图）众多从月球带回的岩石样本中的一枚的近照。



（左图）一名科学家正在检查勘测者3号上的电视摄像机。在月球上度过了两年后，它依然完好。


APOLLO XII
Conrad • Gordon • Bean

1970年4月11日阿波罗13号



登月舱内的罗威尔，登月舱在这次任务中不得已成为宇航员们的救生舱。

目标：

任务时长：
指令舱名：
登月舱名：



很长一段时间，阿波罗13号上的宇航员们都不确定自己是否还能再次重返地球。

1970年4月13号，在发射仅进行了13分钟后，阿波罗13号便陷入险境。在最初建造这些航天器的时候，由于当时所实际采用的电气系统的电压与最初设计的不同。在成千上万的元器件里，供氧舱内的一个自动

调温器就被忽视了，在液氧中浸泡了5年后，这个器件最终烧毁了。而阿波罗13号就恰巧成为该事故的受害者。

指挥官詹姆斯·罗威尔、登月舱驾驶员弗莱德·海思以及指令舱驾驶员杰克·斯威格特一夜之间成为无人不知的人物，因为当时所有人都认为他们难逃一死。而休斯敦控制中心的控制员，在这危急时刻演绎出太空史上最杰出的一次营救行动。

起初，阿波罗13号看上去一切顺利。起飞后5分钟，土星5号火箭的第二级其中一台发动机出现故障，但另外4台不仅承担起这台已毁发动机的推力，还比往常多燃烧了30秒。“没有什么比一次有趣的发射更棒的了。”罗威尔对控制中心说道。当他的航天器完美进入绕地轨道后，他再次说道：“休斯敦，我们已经开始在这儿欣赏美丽的日出了。”

罗威尔作为阿波罗8号指令舱的驾驶员已经环绕过月球。现在，他急切地希望能够踏上月球表面。但不幸的是，他的梦想即将离他远去。当飞行进入到第56个小时，飞船距地球已达320000千米时，灾难的先兆出现了。斯威格特通过无线电汇报：“我感觉我们这里出问题了。”

“这里是休斯敦。请重复。”

“休斯敦，我们这里出问题了。**B**主线出现欠电压故障。**”**这是宇航员用于描述电源故障的术语。**”**

罗威尔确认指令舱奥德赛工作状态不正常，“休斯敦，我们这里出问题了。B主线出现欠电压故障。”这是宇航员用于描述电源故障的术语。除了面板上的警示灯点亮，海思补充道，“还有一声巨响。”紧接着，罗威尔向他身旁的窗外望去。“休斯敦，有东西在从太空舱向太空中泄出。看起来像是某种气体。”

任务成员



詹姆斯·罗威尔

罗威尔于1928年3月25日生于俄亥俄州。1962年他加入NASA。1965年他曾与弗兰克·柏曼一起驾驶双子星7号，其后又与巴兹·奥尔德林一同驾驶双子星12号。罗威尔是阿波罗8号指挥舱的驾驶员。在阿波罗计划之后，他被约翰逊总统任命为体适能与运动顾问。



约翰·杰克·斯威格特

斯威格特最开始被定为阿波罗13号的替补成员，仅在发射前的72小时他才成为正式队员。他于1931年8月30日在科罗拉多州出生。1966年加入NASA。1977年，斯威格特离开NASA转而从政，并于1982年被选为众议院议员。但就在他宣誓就职前，他因骨癌逝世。



弗莱德·海思

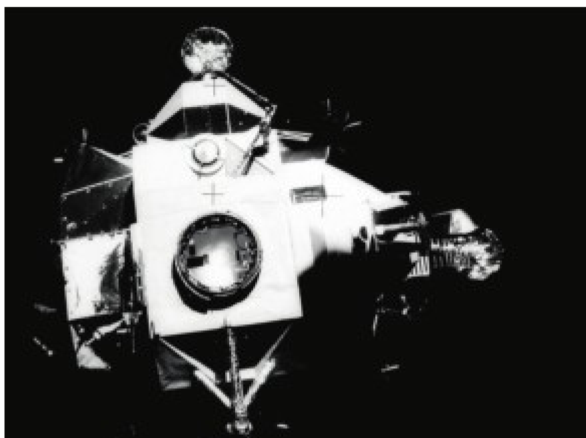
海思1933年11月14日出生于密西西比州。1952年他开始军旅生涯。作为海军飞行学员他的飞行时间累计有9300小时。海思也是阿波罗8号、11号以及16号的替补成员之一。1979年海思离开NASA，成为格鲁曼航空公司的执行官。



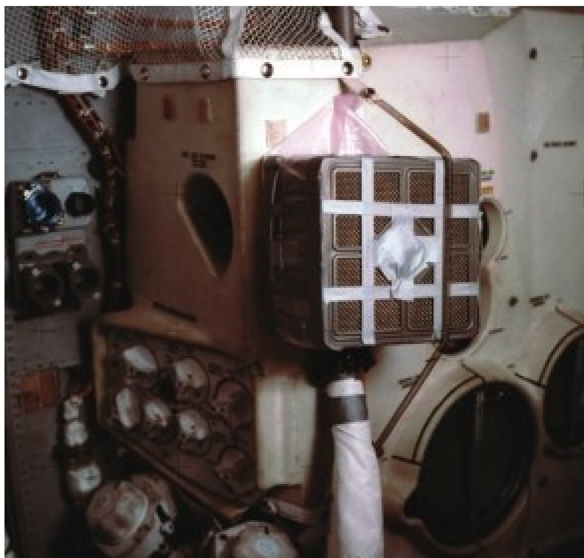
（右图）德科·斯雷顿正在展示改装后的滤罐如何为宇航员过滤空气。



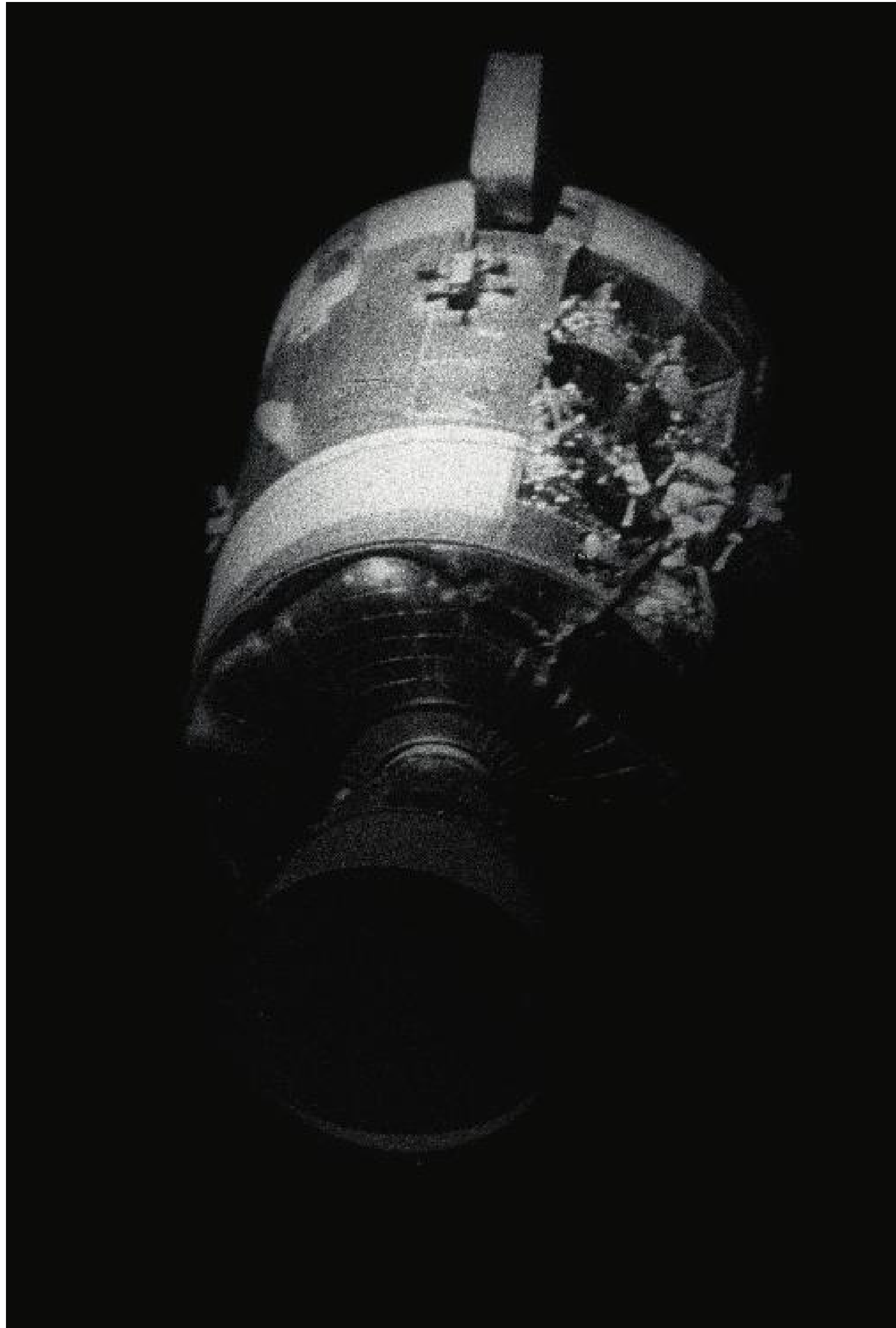
（下图）宇航员们开始改造空气滤清器，用于排出过量的二氧化碳。



（上图）在重返大气层前登月舱被抛弃。



（上图）装有氢氧化锂的金属罐被改造用于过滤登月舱内的空气。



损坏了的服务舱从航天器上脱离。

1970年4月11日

4月11日：起飞后3小时19分钟

4月13日：起飞后46小时43分钟

4月14日：起飞后55小时54分钟

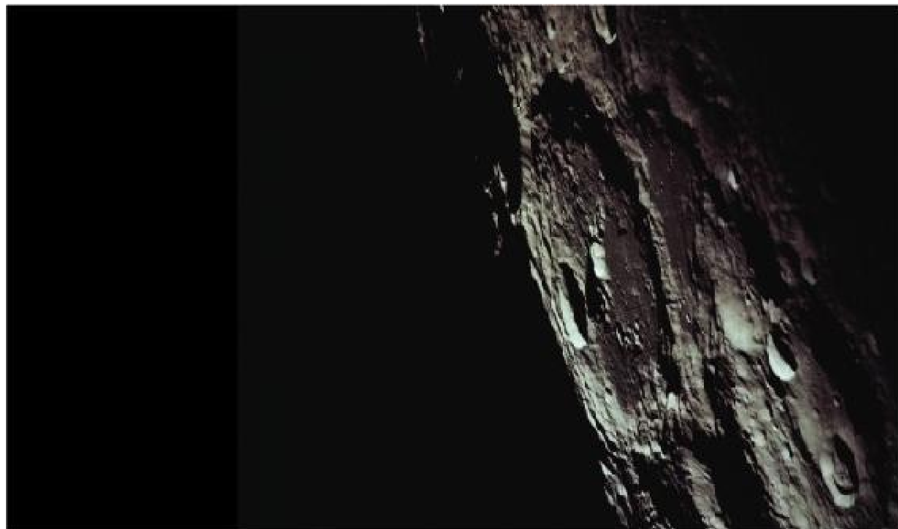
4月14日：起飞后61小时29分钟

4月15日：起飞后77小时8分钟

4月17日：起飞后137小时39分钟

4月17日：起飞后141小时40分钟

4月17日：起飞后142小时54分钟



这是阿波罗13号的成员们最接近月球的一刻。

“宇航员们不得不将太阳作为紧急导航参照物，用纸笔迅速展开计算。”

紧急行动

服务舱内的一次爆炸摧毁了航天器上的氧气供给，致使航天器发电系统大部分瘫痪，主发动机停机。为了节省仅存的电力，宇航员们关闭了指令舱内几乎所有系统。他们挤在宝瓶座登月舱内，绞尽脑汁思考如何将登月舱发动机改作他用。这台发动机将不再用于把两名宇航员送上月球，相反，它将被用来推动指令舱和服务舱连同3名宇航员环绕月球并最终重返地球。

如果问题出现得更早一点，阿波罗13号大可以飞入自由返回轨道。仅靠地球引力就足以保证安全返航。但由于之前航天器飞离地球阶段的旅程进展极为顺利，所以航线已经转为确保宝瓶座能够在弗拉毛罗高原降落的航线，这也就放弃了自由返回的可能性。

不久后，因为一些碎片挡住了导航望远镜的视野，宇航员们不得不将太阳作为紧急导航参照物，用纸笔迅速展开计算。爆炸发生5个小时后，宝瓶座的发动机点火，将还处在组合状态的航天器推回到自由返回轨道。

氧气短缺

宝瓶座上的生命供给系统是按照两名宇航员两天的氧气需求设计的。而现在，宇航员增加到了3名，所需氧气的供应时间也同时增加了

两倍。相较于逐渐减少的氧气，宇航员所呼出的二氧化碳在舱内的堆积问题更为严重。奥德赛和宝瓶座上的过滤器形状不同，控制中心不得不利用舱内所有能利用到的东西，例如宇航服上的软管、胶带以及文件上的装订封面纸，发明出一种临时解决方案，并一步步地将其指示给身体已寒冷虚弱的宇航员们。

在即将返回之前，服务舱被甩向太空。“太空舱的一边完全消失了。”罗威尔惊叹道。令人难以置信的是，太空舱剩余的部分还能正常工作。尽管罗威尔可能因为没能亲自踏上月球的表面而感到失望。但这次“失败”了的任务却被人们认为是NASA所成就的最光辉的时刻之一。



（右图）奥德赛向南太平洋坠落。



（下图）任务控制中心的每一位工作人员都在庆祝宇航员们的平安归来。



（上图）（从左至右）海思、罗威尔、尼克松总统和斯威格特向国旗敬礼。



（左图）尼克松总统向阿波罗13号任务执行团队颁发平民所能获得的最高荣誉——自由勋章。



任务徽章

1971年1月31日阿波罗14号



阿伦·谢帕德正在1/6重力（也就是他们将在月球上承受的重力）下练习拉动探索月球的装备。

3人登月，玩起了高尔夫

目标：

任务时长：

月面驻留时间：

指令舱名：

登月舱名：



在等候了一小时，风暴过去后，阿波罗14号于格林尼治时间21:03在轰鸣中起飞。

在阿波罗13号事故发生9个月后，NASA再次向月球发射载人航天器。

1971年1月30日，在佛罗里达，搭载着阿波罗14号的土星5号火箭

矗立在发射架上，喷气口排着烟雾。这一次其上搭载的3位宇航员包括了任务指挥官阿伦·谢帕德，美国的第一位太空人。这也是继他上次1961年飞行后的第二次太空之旅。另外两位宇航员，即登月舱驾驶员埃德加·米歇尔和指令舱驾驶员斯图尔特·卢飒则都是第一次进入太空。

夹带着风暴的乌云此时正经过此地，发射也因而被推迟了一个多小时。但令谢帕德感到释然的是阿波罗14号最终还是得以发射升空。在20世纪60年代的大部分时间里，尽管谢帕德由于内耳的疾病只能进行地面的工作，但他却将这些工作做得极富成效。出任位于休斯敦的NASA宇航员办公室的主任后，他仍在不断地让自己接受各种宇航员相关的医学检查，以便自己能够重拾飞行状态。最终，他以47岁高龄成为阿波罗项目的宇航员。这时，已经没有什么能够阻止他奔赴月球的脚步了。

不幸的是，任务开始后还不到3个小时，谢帕德的愿望貌似就要破灭了。尽管卢飒尝试了各种办法，但他就是无法将指挥舱小鹰与登月舱心大星成功对接。卢飒5次试图将小鹰的机头对准心大星的舱顶，但每一次都失之毫厘。

控制中心建议卢飒再试一次。和之前几次不同，这一次对接不但没有关闭推进器，反而要打开推进器，使小鹰机头上的对接探头直接撞进心大星上的对接口。第6次的对接尝试终于成功，后来当宇航员们打开舱门检视对接机制的时候，却并没有发现任何异常之处。

着陆

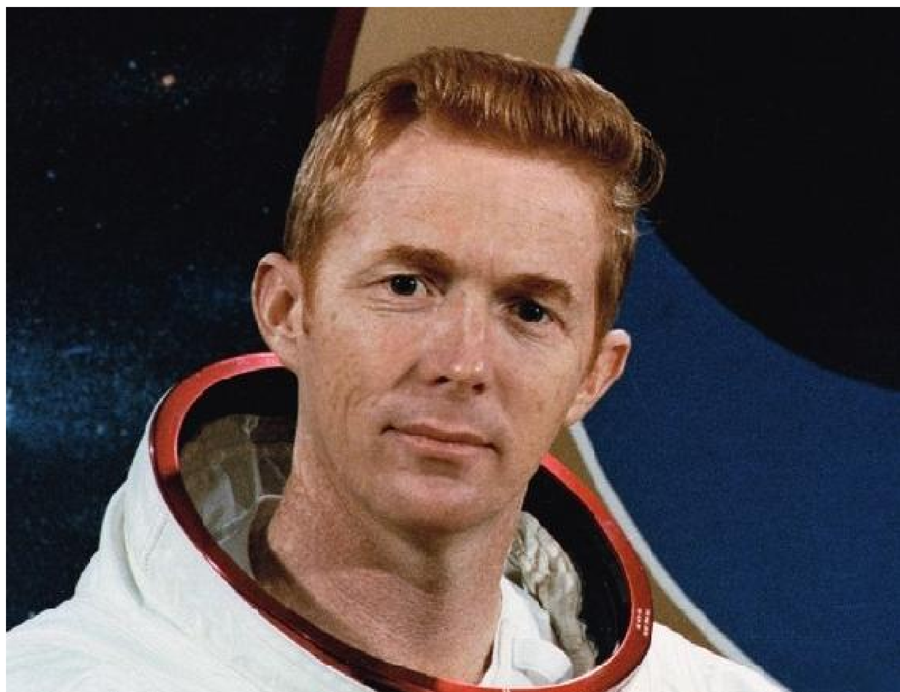
当航天器驶入绕月轨道时，搭载着谢帕德和米歇尔的心大星在与小鹰脱离后，在其下降过程当中险情再次发生。导航计算机不断给出“取消”指令警示。考虑到之前阿波罗11号下降时同样发生过类似的虚警信号，任务指挥中心推测这次计算机给出的同样有可能是因为某个开关松动而造成的虚警报告。这一回他们又猜对了。

“卢飒尝试了各种办法，但他就是无法将指挥舱小鹰与登月舱心大星成功对接。”

任务成员



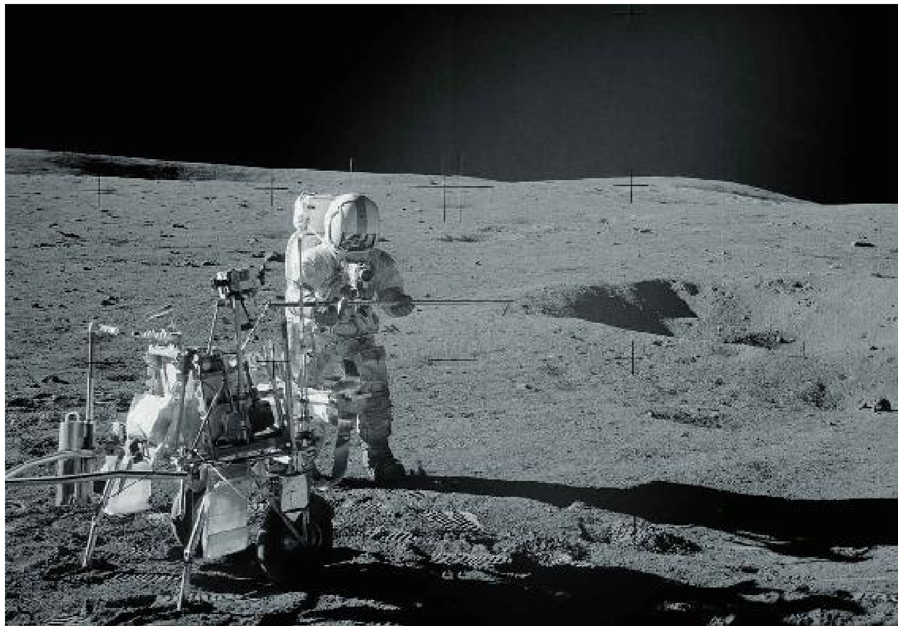
阿伦·巴雷特·谢帕德



斯图尔特·卢飒



埃德加·米歇尔



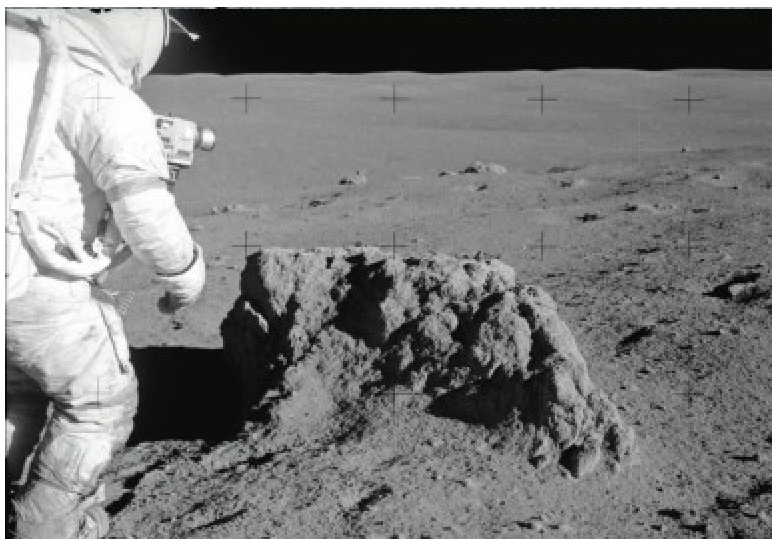
谢帕德站在被他们称为“月球黄包车”的模块式设备搬运车旁边。



飞行前的训练中，谢帕德（前景中）和米歇尔在登月舱模拟器中。



风暴前的宁静：阿波罗14号的成员正在和地面工作人员享受发射前的早餐。



谢帕德在第二次舱外活动时站在一块大石头前。



登月舱火箭工作的一刻，喷发的力量使金箔在月面四处散落。

1971年1月31日

1月31日：起飞后11分钟50秒

2月1日：起飞后4小时56分钟

2月4日：起飞后81小时56分钟

2月4日：起飞后82小时38分钟

2月5日：起飞后108小时15分钟

2月5日：起飞后113小时39分钟

2月6日：起飞后131小时8分钟

2月6日：起飞后141小时45分钟

2月9日：起飞后218小时2分钟



（上图）这张照片里可以看到谢帕德的高尔夫球和被他当作标枪扔出去的工具柄。

“尽管由于宇航服的原因，他只能使用一只手，但这回他总算可以投入到自己最喜欢的运动当中了。”

远古的撞击

心大星最终降落在弗拉毛罗平原高地这块阿波罗13号原定要探索的区域。很早以前形成雨海撞击盆地的那次撞击使得这里到处都是碎石和岩屑。高温高压将无数的岩石碎屑融合出新的、被称作角砾岩的岩石。其中有些角砾岩甚至来自于角砾岩之间的再次合成。阿波罗14号的登月者们证实了弗拉毛罗平原上那段狂暴的历史。

谢帕德和米歇尔推着NASA第一台装着轮子的登月设备——一台可折叠载有各种工具和相机的手推车完成了两次合计9个小时的月球行走。这台手推车也被他们命名为“月球黄包车”。他们唯一的遗憾就是未能到达锥状火山口这个在地图上看上去可及的目标。不幸的是，由于到达这个火山坑边沿的山坡过于陡峭，宇航员们无法在保证安全的前提下尝试登顶。

就在再次从悬梯爬回登月舱前的几分钟，谢帕德给控制中心来了一个惊喜。他一边挥舞着一个用来采集岩石样本的工具，一边向大家宣布：“就在这时，球包里头恰好还剩下一只六号铁杆。而我的左手正攥着一只亿万美国人都熟悉的不能再熟悉的小白球。让我把它先放下。”

尽管由于宇航服的原因，他只能使用一只手，但这回他总算可以投入到自己最喜欢的运动当中了，“虽然这身宇航服让活动有点不便，搞得我没有办法用两只手击球。但是我想我还是可以试着打一个小沙坑障碍球。”他也因此成为在月球上打高尔夫球的第一人。

他的第一杆仅在月面上刨出了些尘土。米歇尔笑话他道：“你打出来的土比你打到的球还多。”他的第二杆也没能得手。这时正在任务控制中心的阿波罗13号上的老宇航员弗莱德·海思也没忘抓紧时间逗逗谢帕德：“阿伦，这一击从我这儿看貌似是个右曲球啊。”第三杆终于有所进步。“总算开张了，一记直线球。”

“越飞越远，一千米，两千米……”而实际上，这球仅仅飞出了不超过20米。但是无论如何，谢帕德，美国的第一个太空人，终于高兴了。



（上图）安全降落后，谢帕德和米歇尔正在等待被救援直升机接走。



（右图）（从左至右）卢飒、谢帕德和米歇尔在隔离舱里欢迎新闻记者们。



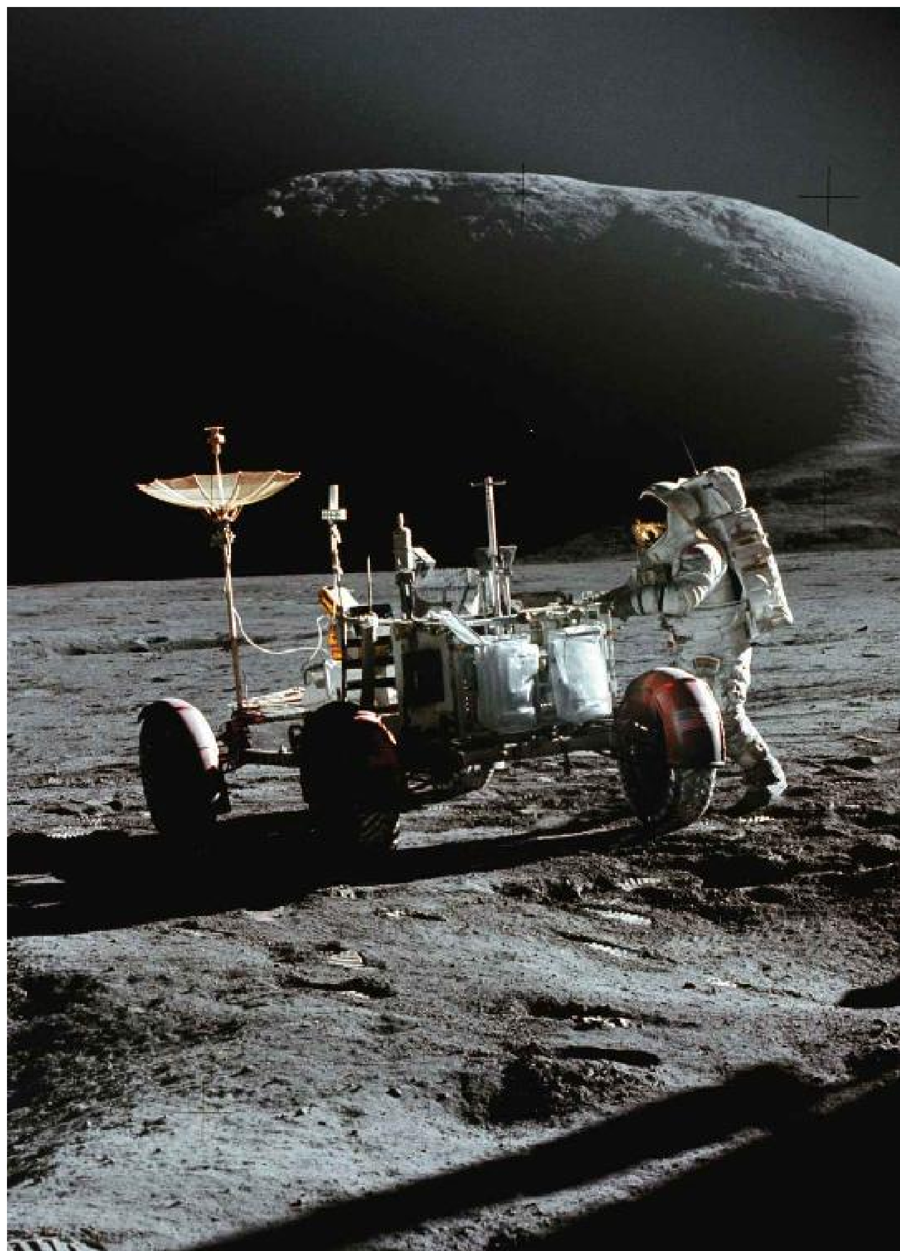
（上图）科学家在无菌氮常压加工线上对在月球采集到的样本做实验。



（左图）成员组展示他们采集来做测试用的一些更大的岩石。


APOLLO 14
Shepard
Roosa
Mitchell

1971年7月26日阿波罗15号



詹姆斯•埃尔文正在为月球车的月球首秀做准备。

长驻留任务，宇航员第一次开上了月球车

任务概要

目标：

任务时长：
月面驻留时间：
指令舱名：
登月舱名：



在前往发射台的路上，大卫·斯科特向那些对他们表达良好祝愿的人们致敬。

阿波罗15号非常不同于在它之前的3次登月任务。作为第一个更高级的“J级”任务，航天器上额外搭载了1800千克的燃料及设备。这其中就包含了足够支撑宇航员在月面停留3天的补给以及各种新装备。奋进

指挥舱上新安装了一整套用于在轨道上对月面进行勘测的成像仪、一颗绕月的子卫星和一辆月球车。这台月球车被折叠安装在猎鹰登月舱的一侧。重新设计了的宇航服增加了更多的活动关节以使宇航员们可以端坐在月球车里，也可以帮助宇航员们完成长达7小时的舱外活动。这样做的目的是要在当时阿波罗项目饱受批评质疑的大环境下，尽可能地增加阿波罗的科学产出。

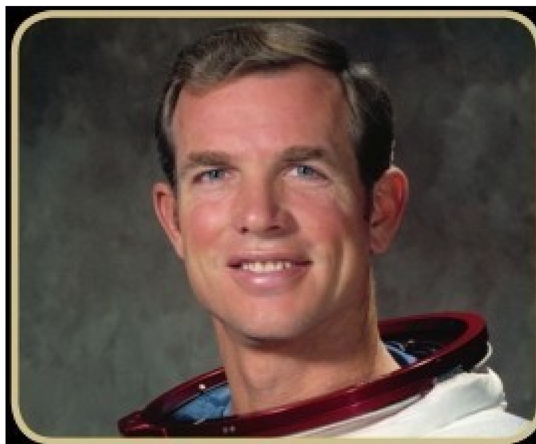
彼时，阿波罗计划已受到来自苏联无人探测器的多次挑战。就在阿波罗15号发射的前一年，无人探测器月球16号已将月球的土壤带回地球，无人驾驶月面自动车1号也已穿越月球表面。如果连机器人都可以做到这些，那是否还值得冒着这样大的风险斥巨资执行载人的登月项目？

阿波罗15号要证明的东西太多，而它所搭载的3位宇航员也急切地想要将它们一一实现。指挥官大卫·斯科特、驾驶员詹姆斯·埃尔文和阿尔弗雷德·沃尔登下定决心要在人类科研史上书写下重要的一页。尽管他们自始至终接受的都是飞行员的训练，但这3位宇航员无论是在课上学习方面还是实地考察方面都在竭力使自己也成为一名地质学家。

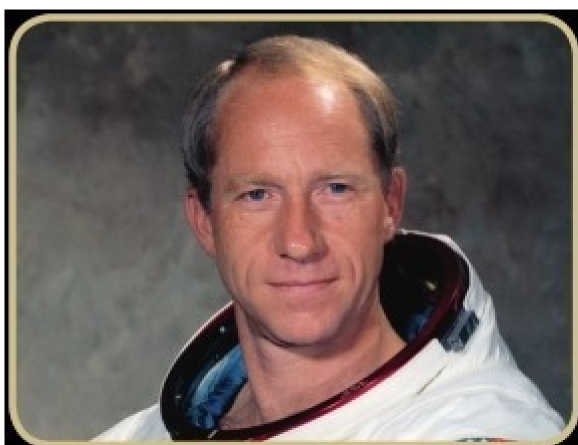
与此同时，科学家们正在月球上四处搜寻一处足够值得用一周时间对其地貌特征进行考察的降落地点。它们最终将着陆点定在了被高低起伏的地貌所包围的哈德利沟——那在远古时代被月球亚平宁山脉山脚下流淌的岩浆流所雕琢出来的深达400米的山谷。

“作为第一个更高级的J级任务，飞船上额外搭载了**1800**千克的燃料及设备。”

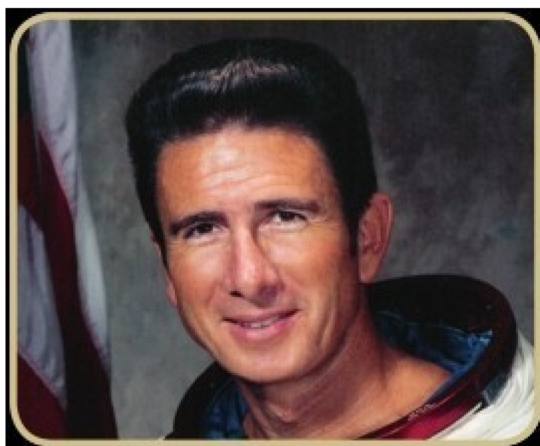
任务成员



大卫·斯科特



阿尔弗雷德·沃尔登



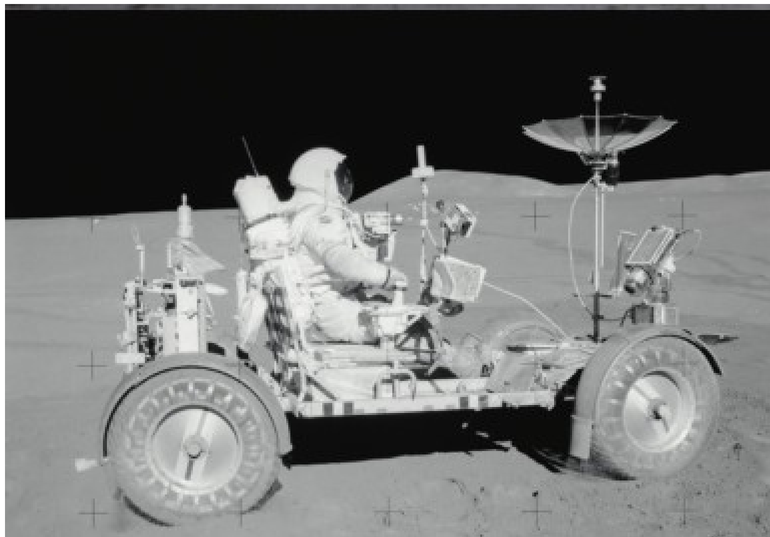
詹姆斯·埃尔文



埃尔文和技师们在检查已被固定在猎鹰上的月球车。



发射塔上的悬臂在土星5号火箭点燃的一刻松开。



斯科特驾驶着月球车在月球上转了第一圈。



埃尔文正用长柄勺在4500米高的哈德利山的山脚下收集岩石样本。



登月舱猎鹰倾斜着陆，这使得展开月球车变得更加困难。

1971年7月26日

7月30日：起飞后104小时42分钟

7月30日：起飞后106小时38分钟

7月31日：起飞后106小时42分钟

7月31日：起飞后119小时52分钟

8月1日：起飞后142小时22分钟

8月2日：起飞后163小时27分钟

8月2日：起飞后171小时37分钟

8月4日：起飞后222小时3分钟

8月5日：起飞后242小时4分钟

8月7日：起飞后295小时11分钟



（上图）为了悼念14位NASA和苏联已逝世的宇航员而留在月球上的纪念卡，倒下的小人代表着倒下的宇航员。

“阳光下苍白的亚平宁山脉景色夺目，无数微小陨石的撞击使山峰的线条略显圆润。”

哈德利沟是所有阿波罗任务中最北边的着落点。因此到达那里就需要耗费更多的燃料，同时也将面临更大的挑战。在下降过程中，登月舱为了避开沿途4500米高的山峰，还要降落在哈德利沟的右侧，就不得不以比平常所采用的15度更大的进入角（26度）下降。它所降落的这片区域也有别于之前所有的登月计划，人们对它知之甚少。当时，对这片区

域所拍摄的最清晰的卫星图像分辨率最高也仅能达到20米。在降落过程中，斯科特发现自己迷失了方向，他十分担心自己有可能会降落在这1千米宽的峡谷的西面，又或是掉到峡谷当中。

当登月舱着陆后，他立刻把头从猎鹰号中探出来检视周围的地貌，判断地面是否适合月球车的行驶。阳光下苍白的亚平宁山脉景色夺目，无数微小陨石的撞击使山峰的线条略显圆润。

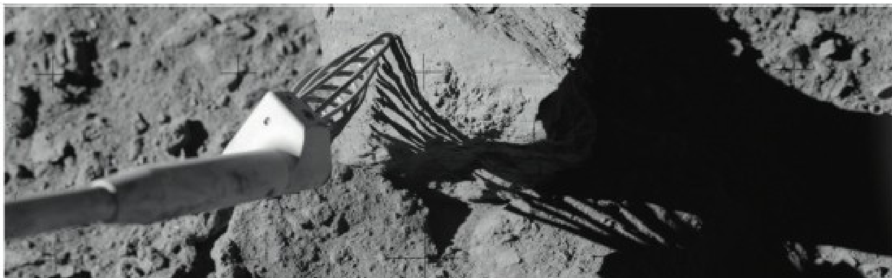
着陆的第二天，宇航员们便开始了他们第一次完整的舱外活动。斯科特宣布道：“当我站在这里思考着哈德利峡谷中的那些未知的东西，我认识到有关我们人类本性的最基本的一条真理，那就是人必须去探索。”他和埃尔文发现的第一件事就是登月舱着陆后与地面有一个10度的夹角，这给月球车的例行展开工作增加了额外的困难。而这个倾角也使得他们在填充生命支持系统时出现了问题，埃尔文因此在舱外活动的时候无水可喝。

在月球上飙车

两位宇航员驾着月球车以最高12千米/小时的时速一路开往10千米外的圣乔治陨石坑。在接下来的一天，他们沿着亚平宁山脉山丘地带的大道寻找形成雨海撞击盆地（亚平宁山脉构成了盆地东面的边沿）的那次灾难性撞击所抛出来的岩石。他们所受到的地质学的训练将他们引导到了那块被称作“创世岩”的已有40亿年历史的岩石处。而这块岩石的年龄比雨海撞击盆地的年龄还要大。

在舱外活动的最后一天，他们驾着月球车前往哈德利沟。尽管在卫星图像中这里看上去遍布着危险的悬崖，但他们却发现原来这些所谓的悬崖只是由一个个相对平缓的25度缓坡所构成的。

这些发现来之不易。当登月舱再次与奋进号对接时，埃尔文出现了心律不齐的症状。这很有可能是由于舱外活动时脱水所引发的。“这次心律不齐的症状非常严重，”航空军医查克·贝里说道，“如果当时他在地面上，我会立刻要求把他送进重症监护室里并按心脏病治疗。”尽管埃尔文在返回地球的一路上没有再次出现症状。但几个月后，他的心脏病第一次发作了。最终，他于1991年死于心脏病。他是12位已逝月球行者中逝世最早也是逝世时最年轻的一位，这也成为



（上图）一块有着光滑平面的岩石样本被钳子抓起并收集起来。



（左图）太阳风测量仪——阿波罗月面实验数据包的一部分。



（下图）海军潜水员打开了舱门，欢迎成员组返回地球。



（上图）宇航员们从创始岩上取下的一个样本。科学家们得出结论说这是一块距今已有约40亿年历史的白色斜长岩。



任务徽章

著名服装设计师埃米利奥·璞琪设计了阿波罗15号的徽章。璞琪曾是一名鱼雷发射手，同时他还拥有政治科学的博士学位。徽章中的3只鸟代表了此次任务中的3名宇航员，但NASA将璞琪设计里采用的艳丽的绿色和紫色改成了更具有爱国色彩的红、白、蓝三色。背景里火山坑的形状是这次任务的罗马数字编号——15。

1972年4月16日阿波罗16号



这张清晰的赫里戈留斯I号月溪的照片是由指令舱上的肯·马丁利拍摄的。

前往高地的第一次任务改变了我们对月球地质的认识

任务概要

目标：

任务时长：

月面驻留时间：

指令舱名：

登月舱名：



当宇航员们接近月球背面时，他们回望地球所看到的景色。

1972年4月16日，阿波罗16号发射。这次任务再次搭载了月球车。这回，它被安装在登月舱的下降级内。约翰·扬是这次任务的指挥官，查尔斯·杜克是登月舱猎户座的驾驶员，而肯·马丁利则负责驾驶指挥舱卡斯

帕。

猎户座和卡斯帕脱离后不久便立即开始在绕月轨道上编队漂移，在猎户座下降之前进行最后的检查。马丁利准备发动卡斯帕上的主发动机将指令舱推至一条可以在任何时候对出现问题的猎户座进行营救的轨道。可是，却是卡斯帕最先出现了问题。正当马丁利检查用来操作指令仓发动机的备用控制电路时，整个太空舱都开始剧烈抖动。“我简直就像个病鸟。”他告诉控制中心，很明显他知道这将危及登月行动。

两个太空舱就这样在太空中继续漂移了6个小时，直到控制中心做出让马丁利在主控电路上启动发动机的决定。这回系统工作一切正常，猎户座独自的旅程终于可以开始了。当登月舱在笛卡尔高地降落时，扬和杜克已经连续工作了13个小时。他们到达月面后的第一件事就是赶紧补个小觉。

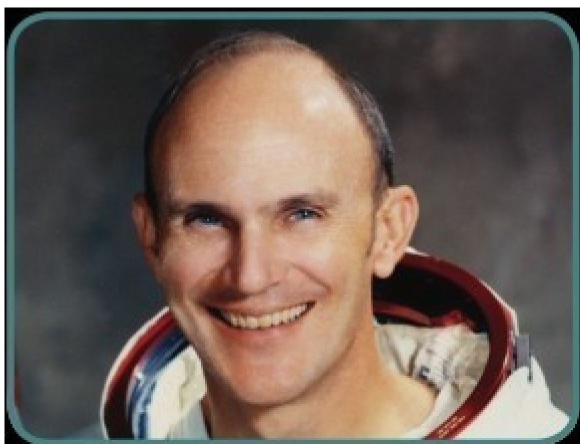
作为本次登月3次舱外活动中的第一次，这次舱外活动的主要目的是要取出月球车，以及部署阿波罗月球表面实验包。扬在进行热流实验的时候遇到了问题。这个实验需要将两枚探头推入月面的表层土里以测量月球本身所发出的热量。但当他装好准备离开的时候，他的靴子勾到了一条电缆把它给扯松了，造成了无法修复的损坏，导致这个实验无法进行。好在爆破“重锤”实验里他进展得更为顺利一些，这个“重锤”由一根长杆，以及长杆一端形状像豌豆罐头一样装着21个炸药包的圆筒组成。它们将作为实验的一部分，用来收集地震数据进而帮助确定月壳的结构。在90米长装有探测器的电缆上，扬沿着电缆逐一在已标记好的位置上点燃了炸药，制造了多次小型的地震波。

“正当马丁利检查用来操作指令仓引擎的备用控制电路时，整个太空舱都开始剧烈抖动。”

任务成员



约翰·扬



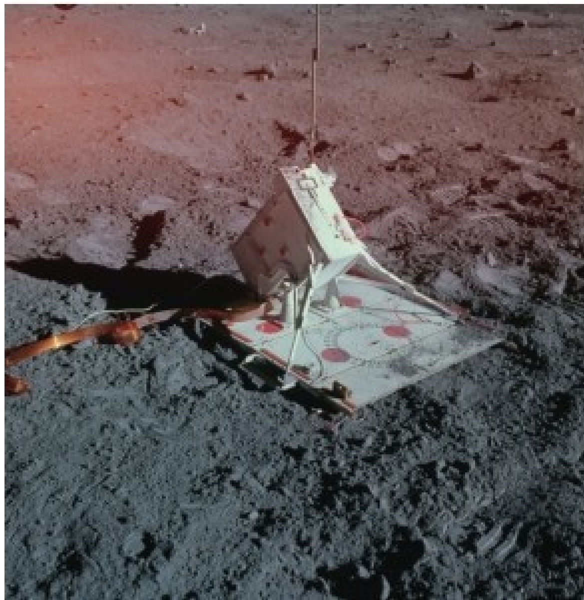
托马斯·肯·马丁利



查尔斯·杜克



（右图）在笛卡尔高地的第三次舱外活动中，扬正在检查一块巨大的岩石。



（下图）装有4颗手雷的发射箱已经准备好远程操控。



（右图）在北雷火山口，扬正在收集样本——到阿波罗16号任务时，宇航员们都已经成为很有经验的地质学家了。



扬在第一次舱外活动中站在紫红色陨石坑边沿。这个陨石坑宽40米，深10米。

任务时间线

1972年4月16日

4月16日：起飞后2小时33分钟

4月19日：起飞后74小时34分钟

4月20日：起飞后96小时13分钟

4月20日：起飞后97小时40分钟

4月21日：起飞后104小时29分钟

4月21日：起飞后118小时53分钟

4月24日：起飞后175小时31分钟

4月25日：起飞后218小时39分钟

4月27日：起飞后265小时51分钟



（上图）从卡斯帕上看到的景象，登月舱正从月球上上升，准备与指令舱汇合。

“真的，我还挺喜欢偶尔喝点橙汁的，但我要是被橙汁淹死那可就太混账了。”

他们还部署了一个装有4枚由火箭助推的手雷发射箱，手雷将被用来产生更强烈的冲击波。每一枚手雷都被设置为在飞行了一段距离后再触地爆炸的延时模式，它们的飞行距离也从150米延伸至1.5千米。其中的3枚在一个月后阿波罗离开月球时远程引爆。由于发射装置被第三枚手雷的冲击波震歪了，第4枚的发射计划也因此被取消。

橙色警报

还在月球表面的时候，杜克在喝橙汁的时候就出了问题。医生们要求宇航员要定时饮用橙汁，以尽快提高体内的钾元素水平。但当杜克从头盔内的吸嘴吸橙汁的时候，水袋却漏水了。漏出的橙汁浸湿了他的太空服。一些饮料甚至跑到他的头发里。扬抱怨道：“真的，我还挺喜欢偶尔喝点橙汁的，但我要是被橙汁淹死那可就太混账了。”控制中心提醒他请注意自己的言辞。

在月球停留期间，两名宇航员在总共3次舱外活动中驾着月球车一共行驶了27千米。尽管时不时发生的小故障让宇航员们随时都要保持警惕，登月舱的起飞以及与卡斯帕的重新对接过程却都还进展顺利。在卡斯帕返回地球的路上，马丁利还完成了一次太空行走，从卡斯帕号后端的服务舱取回了胶卷盒。

航天器于1972年4月27日降落地球。提康德罗加号航空母舰将指令舱运送至位于加利福尼亚圣地亚哥的北岛海军航空基地。在这里还有最后一难在等着卡斯帕的到来。

爆炸发生

由于阿波罗15号在着陆时，推进系统所排出的具有腐蚀性的燃料曾烧坏过一些降落伞吊带。所以在阿波罗16号重返地球时，要求不能排放任何剩余燃料。5月7日，当人们将这些有毒的残留物转移到装在小车上的储油罐里的时候。不知怎么回事，储油罐就因为内部压力过大而爆炸了。这使得周围46名技术人员被暴露在有毒烟雾当中　，并导致其中一名技术人员膝盖骨骨折。所幸的是，这些技术人员当中并没有人受到永久性的伤害。

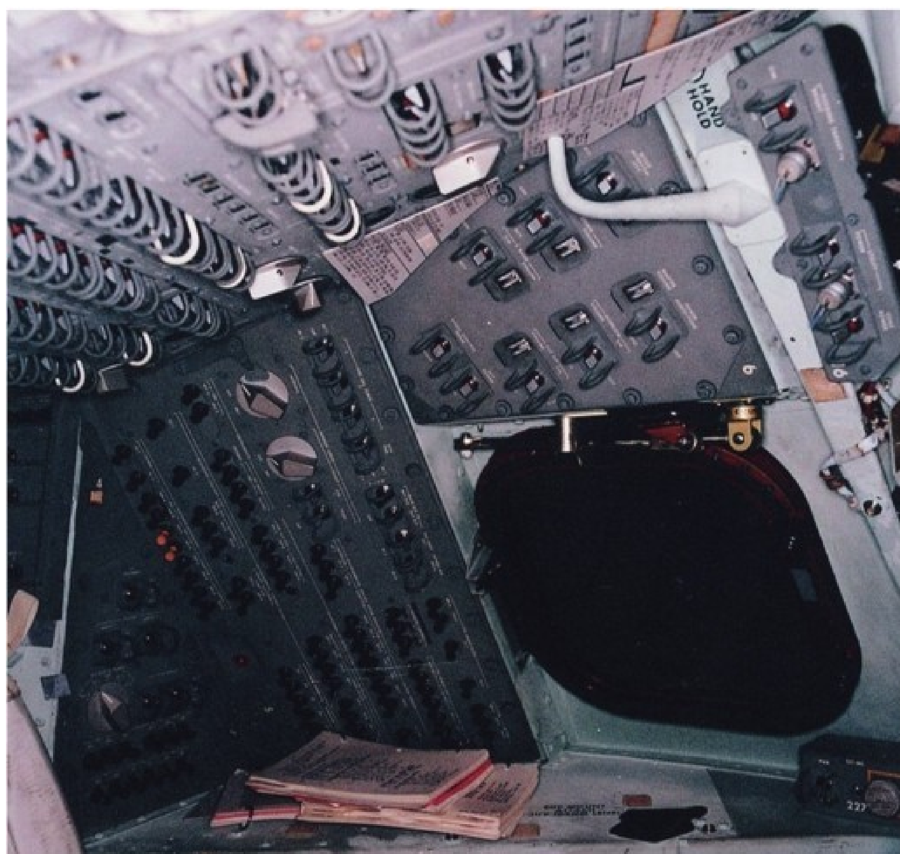
宇航员们在笛卡尔高地的所见难倒了NASA的地质学家们。他们在高地上并没有见到大家所预期的火山岩。扬和杜克一直将这件事看成是自己的失误，直到控制中心告诉他们："不要担心，正是因为你们的所见，我们将要重新描绘关于这里的图景。"对于阿波罗16号而言，月球就像指令舱卡斯帕一样会带来各种意外和惊喜。



（上图）位于月球远端的国王陨石坑，宽78千米。



（右图）重新对接重返地球前的猎户座。



（左图）卡斯帕的内部：这台指令舱在飞行结束后的检查时带来了一场意外事件。



（上图）重返地球：扬和马丁利正在回收筏里休息。



1972年12月7日阿波罗17号



从土星5号第一级的5台发动机喷出的火焰照亮了夜空。

最后一次的载人登月任务仍创造了多个第一

目标：

任务时长：
月面驻留时间：
指令舱名：
登月舱名：



当阿波罗17号呼啸着飞向太空时，佛罗里达的天空都被火光映为橙红色。

当1960年NASA开始构思阿波罗计划的时候，它所处的时代背景充斥着无比高涨的政治热情。冷战逐步升级，美苏开始了我们今天所知的“太空竞赛”。起初，阿波罗计划拟定要实现20次任务。但当尼尔·阿姆

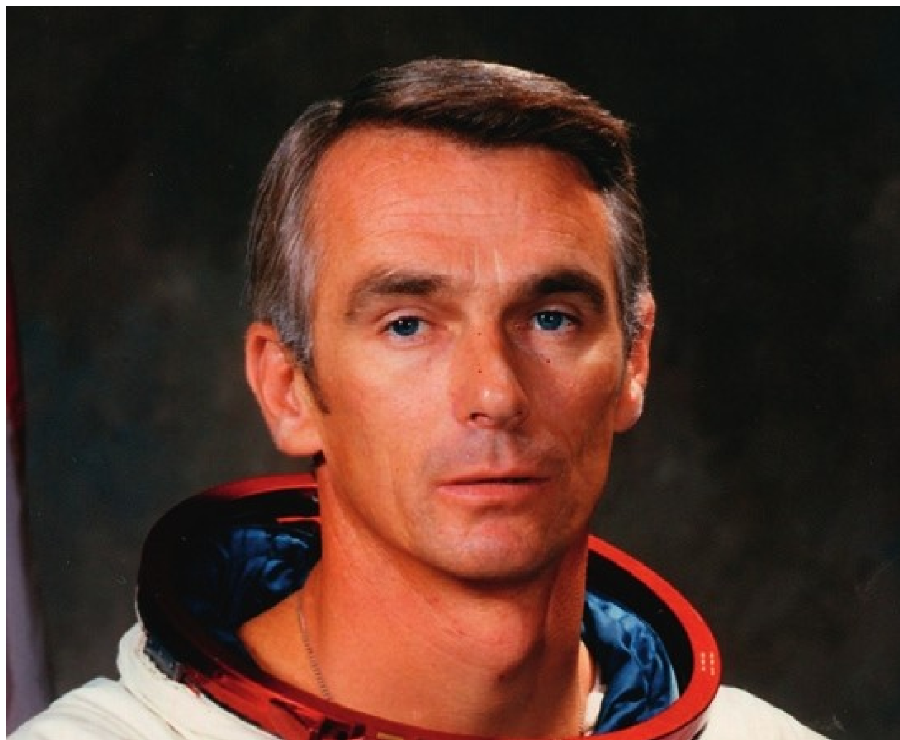
斯特朗迈出的第一步确定了美国在太空竞赛的胜利后不久，NASA就被上层施压缩减开支。

阿波罗20号因而成为第一个牺牲品，该任务于1970年1月被取消。阿波罗18号和19号也在同年9月被叫停。此时NASA不得不重新规划剩余的飞行任务。原定飞往风暴洋马利厄斯丘陵的阿波罗17号这回将飞往位于风暴洋边沿的陶拉斯·利特罗山谷。从上一年阿波罗15号对该地的成像结果看，这个着陆点显示出近期有火山活动的迹象。

尽管阿波罗17号是阿波罗计划中的最后一次任务，但它仍创造了多个第一。它是肯尼迪航天中心的第一次夜间载人发射。但即便如此，发射时间再晚也不能阻止50万人聚集在一起观看火箭发射。这其中就包括了那时第一次观看火箭发射的帕特里克·摩尔爵士。这次任务也是第一次将一名接受过专门训练的科学家——登月舱驾驶员哈里森·施密特列入成员名单。在最初计划里，他本应随阿波罗18号登月，但随着该任务的取消，他也就被安排到了17号的成员组当中。作为一名地质学博士，施密特将对月面所见给出较前辈们更为细致入微的描述。

两个小技术问题导致搭载着指挥官尤金·塞尔南、指令仓驾驶员罗纳尔德·埃文斯和施密特的土星5号的发射被推迟了2小时20分钟。在东部标准时间凌晨12:33，火箭终于发射。在完美地完成起飞、转弯段后，第三级火箭开始工作，这一举措将使轨道的最高点继续增加，直至与月球距离相匹配。之后，指令舱美国和登月舱挑战者从已燃尽燃料的火箭脱离，继续向前航行。

“但当尼尔·阿姆斯特朗迈出的第一步确定了美国在太空竞赛的胜利后不久，**NASA**就被上层施压缩减开支。”



尤金·塞尔南

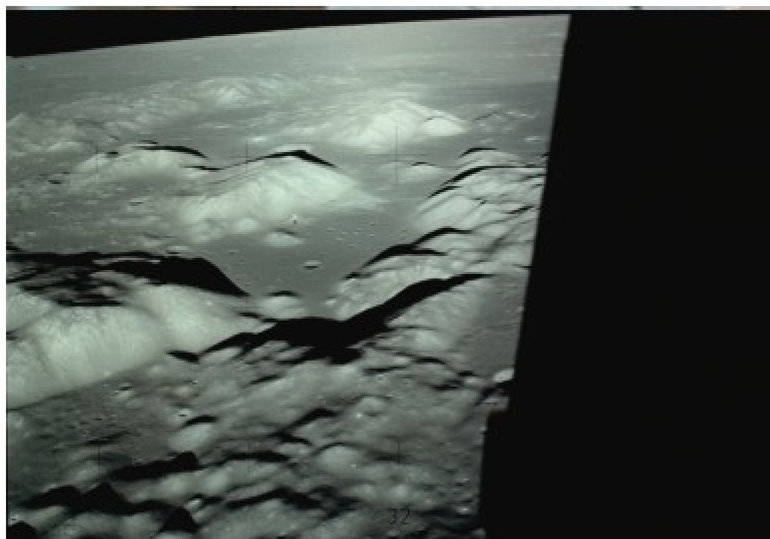


罗纳尔德·埃文斯



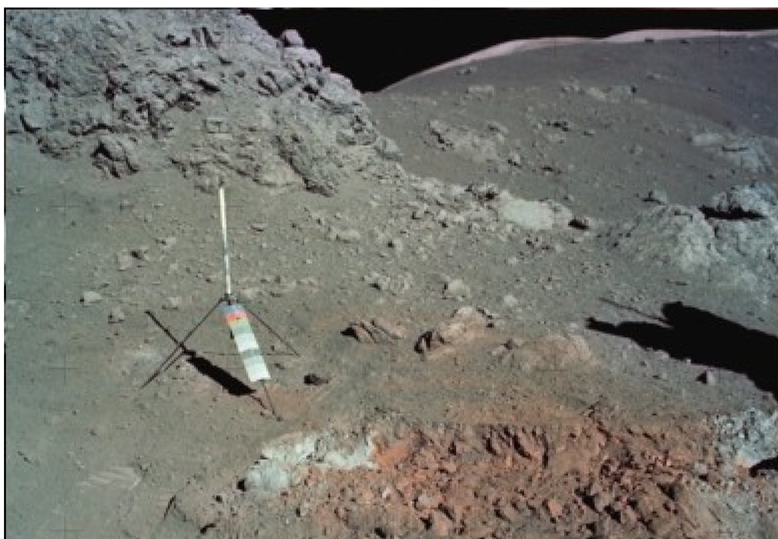
哈里森·杰克·施密特


施密特拍下了在美国上体验零重力环境的队友们的照片。


照片正中央的小黑点是从指令舱角度看到的正在迫近月球表面的登月舱。



在装上设备之前，塞尔南把月球车开出去试驾了一圈。



在第二次舱外活动中，施密特在休提陨石坑发现的橙色月球土壤。



第三次，也是最后一次舱外活动时，在一块巨石旁边工作的施密特。

1972年12月7日，格林尼治时间05:33

12月7日：起飞后3小时12分钟

12月10日：起飞后86小时14分钟

12月11日：起飞后110小时21分钟

12月11日：起飞后114小时21分钟

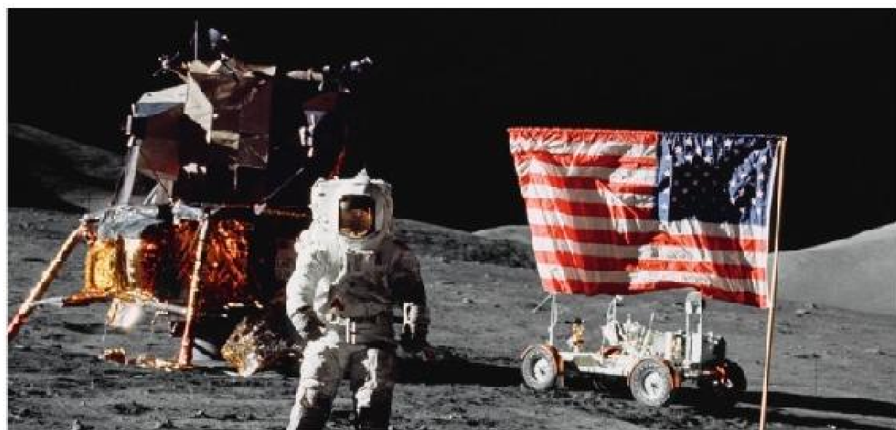
12月14日：起飞后168小时7分钟

12月14日：起飞后185小时21分钟

12月15日：起飞后191小时18分钟

12月17日：起飞后254小时54分钟

12月19日：起飞后301小时51分钟



（上图）施密特站在美国国旗旁。在背景里的是登月舱挑战者以及月球车。

“与我们来到月球的时候一样，如果我们以后还能重返月球的话，我们所承载的是所有人类的和平与希望。”

白驹过隙

发射后约83个小时，阿波罗驶入月球轨道。发射时的延误被飞往月球时比预期更高的航速所弥补——这对这次任务来说是个好事，因为此时的太阳角度恰好能够帮助塞尔南和施密特在着陆过程中更容易注意到障碍物。

这次着陆的难度比以往任务都大：通常在月球着陆时，着陆范围所对应的椭圆大小为长轴3千米，短轴2千米。但是如果要在陶拉斯·利特罗山谷安全着陆，着陆范围就要缩减为一个1千米大小的圆形区域。

塞尔南将挑战者降落在目标区域内的一块平坦的地方。和先前的宇

航员们一样，由于缺少熟悉的地标，天际线方向也没有任何参照物，施密特和塞尔南在估计距离和大小时也遇到了些麻烦。

着陆后还不到4个小时，塞尔南就已经准备迈下悬梯。他将自己在月球上迈出的第一步献给“所有令这一切成真的人们”。很快施密特也一道踏上了月面，并马上开始就他所能看到的附近的岩石展开说明。由于为第一次月球行走所指定的最远的目标也只有2千米远，所以这两位宇航员首先进行的是登月舱附近的工作。实践证明，这次的月球车部署起来相当容易。科学工作站的搭建工作也是一帆风顺。挑战者上的成员们已经准备好了去探索更远的地方。

在第一次月球行走工作中所体现的高效率，也同样出现在后两次乘坐着月球车进行的旅程当中。在第二次舱外活动中，施密特在休提陨石坑发现了一处橙色土壤，这引起了地球这边科学家们的一片骚动。这是否是近期月球活动的证据？回到地球进行分析后，数据显示月球上这个区域确实曾有过活跃的火山活动。但在时间上则远非近期。实际上，它可以追溯至大约37.2亿年以前。

在塞尔南最后一次步入登月舱前，他在舱门前短暂地停留，最后一眼望向月球。他说道：“我们这次从陶拉斯·利特罗山谷离开月球，与我们来到月球的时候一样，如果我们以后还能重返月球的话，我们所承载的是所有人类的和平与希望。”

到这里，我们的月球之旅暂告尾声，新的征程或许不久就将再次拉开帷幕。



（上图）被塞尔南和施密特留在月球的纪念牌。



（右图）准备与登月舱会合的指令舱美国。



（上图）回到地球的成员们在得克萨斯州艾灵顿空军基地迎接他们的家人。



（左图）从月球带回的样本之一。这块岩石重461克，长10厘米。



任务徽章

NASA希望在最后一次阿波罗任务的徽章中表达出任务圆满成功之意。他们称图中那只画在月球之上的现代派的鹰是在表达“人类访问了月球，从某种意义上来说，也是征服了月球”的意思。徽章中的人像取自陈列在罗马梵蒂冈美术馆中那尊著名的阿波罗的大理石雕像。

时间线

从地球到月球的竞赛赛程充满迂回曲折

追忆尼尔·阿姆斯特朗

2012年，两位太空先驱离我们而去。在帕特里克·摩尔爵士写下的最后篇章中，他向阿波罗11号的指挥官致敬。

如果谁想去找一位最适合第一个登上月球的候选人，毋庸置疑，去选尼尔·阿姆斯特朗就好了。我为我能够在他月球之旅前后和他有过接触并能够逐渐与他熟识感到万分荣幸。尼尔因心脏搭桥手术的并发症于2012年8月25日与世长辞，享年82岁。



登月舱降落在月面时，坐在舱内的阿姆斯特朗。

“尼尔，私下里是一个非常腼腆的人，他更喜欢夸奖别人而非自己。”

安静的自信

尼尔，私下里是一个非常腼腆的人，他更喜欢夸奖别人而非自己。如果你第一次见到他，你会立刻从他身上感受到一种安静的自信，仿佛一切危机都能被他化解——事实也是如此。在他返回地球那次，我有幸

采访了他。后续又有几次采访，但这些采访过后，他便把自己隐入聚光灯外。

在成为宇航员之前，他曾担任过战斗机飞行员，在太空旅行后，他转行成为一名教师。他坚信要将自己所学传授给他人。他也因此在阿波罗计划之后，前往辛辛那提大学担任教授开始他的执教生涯。他并不喜欢接受采访。在这一点上他与他在阿波罗11号上的同事巴兹·奥尔德林不同。巴兹，一言以蔽之，可能更像是一位“宣传家”。

考虑到我之前曾经采访过阿波罗11号上的这两位先行者。我想从我的角度去讲讲尼尔还是比较合适的，同时我也希望能够澄清一些在我看来是不好的坊间传言。

尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林被选为最先登月的两人，曾经一直流传着关于“第一个下舱的人”是如何选择的讨论。确实，每当我们提起登月第一人的时候，所有的关注都落在了尼尔的身上，却鲜有人提起巴兹。在传言中，巴兹对此十分生气：作为证据，传言中还提到最初登月拍到的照片大多都是巴兹。而依我看来，对此有一个异常简单完美的解释：那就是，尼尔是任务当中的主摄影师，想要给自己拍照自然不那么容易了。

请记住，在当时，太空航行是多么危险的事，尤其是对于第一次登月而言，未知和不确定的事情之多前无古人后无来者。当然，我们已经将月面地图绘制得无比详尽，也已将那些认为月面背面被松软、欺人的灰尘所覆盖的陈旧理论抛弃。但是，直到任务出发几年前，一名学术带头人仍旧断言任何降落在月面上的运载工具都将陷入月面那松软的尘土当中。如果这个断言是对的，那么月球旅行将几近不可能。

那时，没有任何人知道月面到底有多硬。不仅如此，如果太空舱降落在一处先前没有注意到的凹地，并且以一定角度着陆，那么太空舱将绝无可能再次起飞并返回轨道。尼尔和巴兹向世人展示了登月的方法，其他步他们后尘的宇航员就得以知道该期待什么、不该期待什么了。

在登月过程中尼尔所体现出的另一个优点就是他的思维极为敏捷。当阿波罗11号向静海下降时，留给太空舱只有可供飞行几秒的燃料和一次着陆的机会。如果它们没有抓住机会，而是重新启动发动机返回轨道，那么“第一次登上月球的人”将另有他人。我这里必须强调，尽管下降过程并不完全如人们所预料，但做出着陆决定的是并且仅是尼尔。事实证明，他的决定是正确的。当他宣布“老鹰已经着陆”时，我想所有关

注的人在那一刻都松了一口气。

尼尔·阿姆斯特朗从各方面而言都是登月第一人的不二人选。尽管还有很多人在专业水平和沉着冷静方面可以与他相匹敌，但我很怀疑会有谁能真正超过他。

我衷心地庆幸自己能够与他相识。

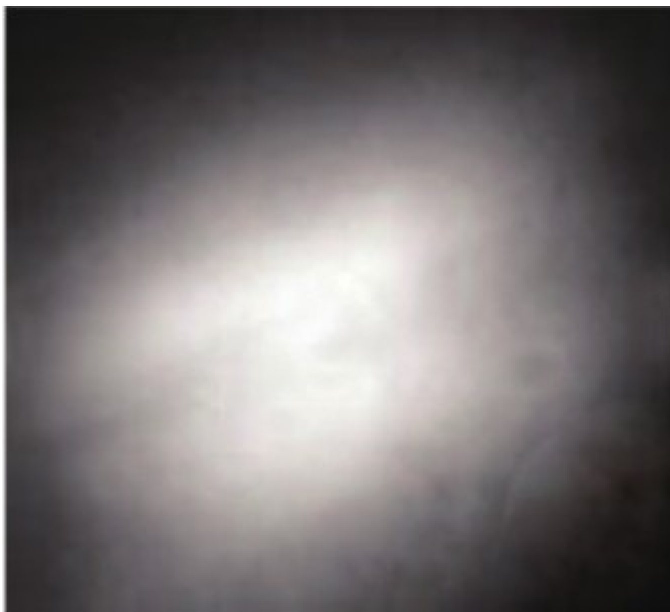


帕特里克·摩尔爵士1923—2012

译者后记：冷战的另一产物——自适应光学



（左图）（A）传说般的武器苏联1K17激光坦克；（B）比导弹飞得还快的美国SR71黑鸟高空超音速侦察机；（C）人类至今为止威力最大的炸弹苏联RDS-220“沙皇炸弹”;（D）专门用于发射核炮弹的美国280A型炮又称“冷战魔炮”“原子安妮”。



（右图）美国星火光学靶场3.5米口径望远镜拍摄到的美国海洋卫星。



（下图）夏天的街道上热气蒸腾，地面上方温差造成的大气湍流使远处的东西看上去非常模糊。

第二次世界大战结束后，美苏两大阵营在政治、经济、军事、科技各方面展开较量。在那个只有想不到没有做不到的时代，很多真正的“黑科技”在这段时间出现。这里面最拉风的可能就是在太空项目的各种博弈了，人都要被送上月球了，更不要提各种侦查卫星满天飞。

在这个时候，要想做些不为人知的事情，就需要先知道对方安插在天上的“眼睛”在哪儿。但是这些间谍卫星本身也不大，需要特别高分辨率的望远镜才能看见它们。但天上的大气湍流时刻在变，它就像在望远镜前头放了一块质量很差的毛玻璃一样。在这种情况下，看到的卫星，大概是左图这个样子！

咱们在夏天的马路上看远处的东西，也会受到大气湍流的影响。就像下图里面远处的汽车那样看上去模模糊糊、来回晃动。但如果我们可以以特别快的速度探测湍流，在这很短很短的一瞬间，大气湍流就仿佛静止了一般。如果还可以根据探测结果，在望远镜成像光路上进行校正，就可以大幅削减湍流的影响，得到清晰的图像。这种可以高速探测大气湍流并恢复其对成像影响的技术，就叫做自适应光学技术。

由于要校正的是大气湍流，要想实现这一目标，自适应光学系统就需要：①探测大气湍流；②计算大气湍流对望远镜光学系统成像的影响；③校正大气湍流；④以上①②③步要在大气湍流基本没有变化的一瞬间完成，然后再重复①②③步。因为大气的变化很快，自适应光学做出反应动作的速度也就必须能够跟上大气的变化速度。这就跟武侠电影里凡人的一拳在出招如闪电的绝顶高手眼里都是慢动作一样，只要自适应光学能够把应对招数在大气变化之前使出，就可以大幅度降低大气湍流对地基光学望远镜成像的影响。那么这个出招速度大概得有多少呢？对于一个顶尖的天文台址，湍流的变化较慢，大概在4‰秒，即4毫秒变一次（尽管湍流的变化是连续的，但在这个极短时间段里，可以认为它的统计规律没有明显变化）。自适应光学的探测、计算、校正也就要至少在这4毫秒内相应地变化一次。要实现这样的高速校正，就不得不提自适应光学系统所仰仗的4件特殊“兵器”：波前探测器、波前校正器以及实时控制器等。这里想讲的是前面没提到的第4件“兵器”——激光导引星，也是我们在搜索“自适应光学系统”时经常看到的如下图中所示的，从望远镜圆顶里射出的那束夺目的激光。

激光导引星是怎么回事儿呢。简而言之，我们在一片黑夜里搜寻某个东西，要想看清，最简单的方法就是用手电把它照出来。对于探测夜空中某个方向的大气湍流，要做的事其实也差不多，我们要看到它，就要把它“照亮”。由于湍流会造成空气在空间上存在密度的差异，那么当“照射”它的光波穿过它的时候，光波就会发生相应的变化。这些变化反应了当时大气湍流的情况，在探测到这些变化后，就可以计算重构出

湍流的样子，加以校正。但从地面发射的光方向是远离地面的，大气湍流又不像地面的物体会反光，要想看到湍流影响后的光波，就需要从湍流的另一端向地面行进的光波，怎么办？办法就是要利用大气中的某些特性生成能够背向激光发射方向的光源。其中一种就是利用高度较低的范围内，也就是底层大气中的尘埃、大分子、气溶胶对光线的散射，产生低空光源，可以探测较低层的大气湍流。另一种则是利用高空大气中富含钠原子、离子的钠层，使用特殊的激光激发这些钠原子，产生全向的共振荧光，实现高空光源（钠激光导引星），继而探测全层的大气湍流。由于后面这种技术可以探测全层大气湍流，是目前最好的激光导引星技术。但由于高度高、距离远，就需要导引星亮度够高，对于相应钠激光器的要求也提高了很多，研发难度极大。



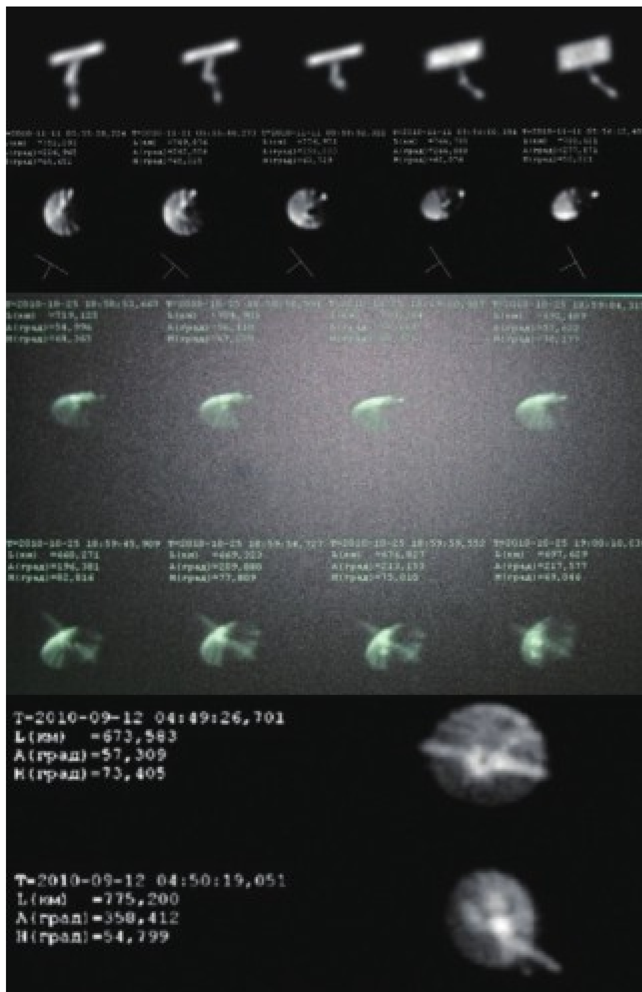
（下图）从主镜直径8.2米的欧洲甚大望远镜射出一束黄色的钠激光直指天空。



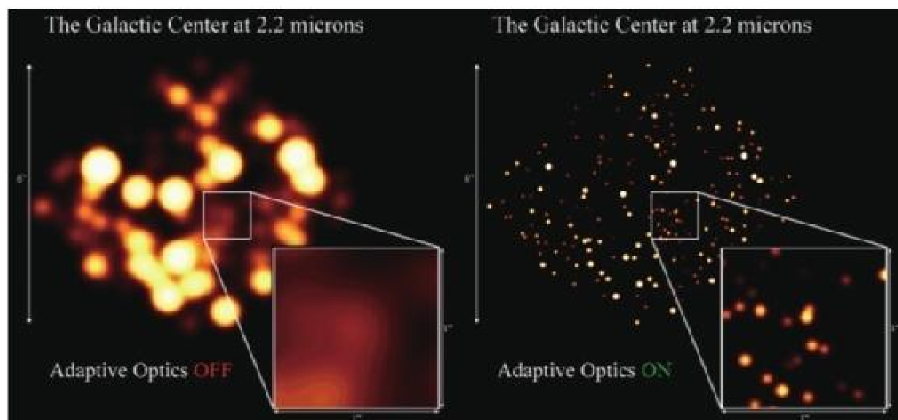
（上图）中科院国家天文台、理化所与加拿大UBC LZT天文台的联合外场钠激光导星实验。



（上图）星火靶场3.5米望远镜看到的美国海洋卫星（左）；没有采用自适应光学系统拍摄（中）；采用自适应光学系统拍摄（右）；再结合后续图像处理得到最终结果。



（左图）俄罗斯阿尔泰光学激光中心利用安装在60厘米望远镜上的自适应光学系统拍摄到的美国长曲棍球雷达间谍卫星。



（左图）美国加州大学洛杉矶分校的银河系中心团组利用10米口径凯克望远镜观看银河系中心附近的同一区域图，左为自适应光学关闭时的照片，右为自适应光学系统打开时拍摄到的照片。自适应光学系统开始校正后，可以看到更多的恒星，在测算恒星运行轨道时就可以更精确，在估算银河系中心超大质量黑洞的质量时也将会更精确。

在讲述了一番自适应光学系统后，咱们再回到之前星火靶场那个例子。同样的采用上文中提到的那台3.5米口径望远镜，如果采用了自适应光学技术，再去看同一颗卫星就有了如下这样的效果。假如有了对间谍卫星这样的监测结果，自然就知道它们时时刻刻在往哪里注视，也就可以施展像“明修栈道暗度陈仓”之类的对策了。

尽管自适应光学系统最开始主要用于军用。但现在，得益于它可以在一定程度上削弱大气的影响，以及新一代的地基天文大口径光学/红外望远镜卓越的集光能力，它也开始在天文研究领域大放异彩。利用接近衍射极限的超高分辨率以及伴随而来的高灵敏度，大口径的光学/红外天文望远镜就可以看得更清、更远。它也因此成为当前国际上10米级口径天文光学/红外望远镜升级的主要方向之一，以及下一代30米级口径光学/红外望远镜的必要子系统。

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 阿波罗计划前夕
8. 阿波罗1～6号
9. 1968年10月11日阿波罗7号
10. 1968年12月21日阿波罗8号
11. 1969年3月3日阿波罗9号
12. 1969年5月18日阿波罗10号
13. 1969年7月16日阿波罗11号
14. 1969年11月14日阿波罗12号
15. 1970年4月11日阿波罗13号
16. 1971年1月31日阿波罗14号
17. 1971年7月26日阿波罗15号
18. 1972年4月16日阿波罗16号
19. 1972年12月7日阿波罗17号
20. 时间线
21. 追忆尼尔·阿姆斯特朗
22. 译者后记：冷战的另一产物——自适应光学

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文
6. 目录

BBC

BBC夜空探索

25 YEARS OF THE HUBBLE SPACE TELESCOPE



哈勃深空美景



中国工信出版集团 人民邮电出版社 POSTS & TELECOM PRESS

BBC

BBC 夜空探索

25 YEARS OF THE HUBBLE SPACE TELESCOPE

哈勃深空美景

[英]BBC《仰望夜空》(Sky at Night)杂志　编
李海宁　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据
哈勃深空美景/英国BBC《仰望夜空》杂志编；李海宁译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50218-6
I.①哈… II.①英…②李… III.①宇宙一普及读物 IV.①P159-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第269527号
版权声明
Sky at Night: 25 years of the hubble space telescope
Originally published in the English language by Immediate Media Co.Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co.Bristol Limited
All rights reserved.
China translation copyright POSTS & TELECOM PRESS Co.,LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence.BBC logo © BBC 1996.
◆编 [英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 李海宁
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：7 2019年8月第1版
字数：297千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3882号
定价：49.00元
读者服务热线：**(010)81055410** 印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**
广告经营许可证：京东工商广登字**20170147**号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
精彩专题
太阳系
恒星
星云
星系
我们的奇异宇宙
译者后记：揭秘天体的光谱

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在 BBC已有 50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为 BBC 的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了哈勃空间望远镜拍下的116张壮丽照片。哈勃空间望远镜从我们太阳系开始的画廊里，可以看到数十亿光年的距离。从精致的星云和行星照片到无数星系令人心醉的深空远景，它一直在向我们展示着太空之美。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



“有什么能比筛选有史以来最好的空间图像集更好的呢？”



很高兴能编辑这本书。有什么能比筛选有史以来最好的空间图像集并挑选最令人惊叹和具有科学价值的照片更好的事情呢？当我们庆祝哈勃空间望远镜超过25周年的观测生涯时，不要忘记，自1968年首次公布轨道空间望远镜的发展计划算起，这个美国国家航空航天局（NASA）的空间望远镜从设计蓝图到发射也花费了相当的时间。然而，功夫不负有心人，自从1993年哈勃空间望远镜镜面修复以来，这个仪器已经成为一个极有价值的研究工具和广义的文化标志。

哈勃空间望远镜所拍摄的图像让我们得以一窥太空之美。从雕塑般的星云和细致入微的行星图片到无数星系令人叹为观止的深邃景观，从我们的太阳系到数十亿光年之遥的深空，所有这一切都可以在这里鉴

赏。哈勃空间望远镜如此清晰地捕捉到了它们，让它们的图像跻身为现代最具标志性的画面。哈勃空间望远镜不仅以无与伦比的方式将宇宙带入我们的世界，还为专业天文学家提供了全新的数据。这些数据经过仔细地研究、分析和同行评议，为支撑太空结构的基础物理学带来了新的见解。利用哈勃空间望远镜的数据，诞生了令人惊叹的11000多篇学术论文。

对许多人来说，哈勃空间望远镜将流传下去的遗产是它为我们提供的通向外太空的窗口，所以请你打开这本书，开启高清宇宙的探索之旅吧。欢迎走近宇宙！

Chris

克里斯·布拉姆斯

BBC《仰望夜空》杂志编辑

精彩专题



哈勃空间望远镜革命

探究自哈勃空间望远镜进入轨道以来的1/4世纪期间，我们对宇宙的视角和认知发生了多大的变化。



空间望远镜剖析

探索哈勃空间望远镜究竟配备了怎样的技术库，使其能够窥探深空并捕获如此多样的史诗级图像的原始数据。



维修哈勃空间望远镜

无论是失焦的照片还是过时的设备，哈勃空间望远镜都有其公认的问题。了解一下不得不在太空修理哈勃空间望远镜的团队的故事。



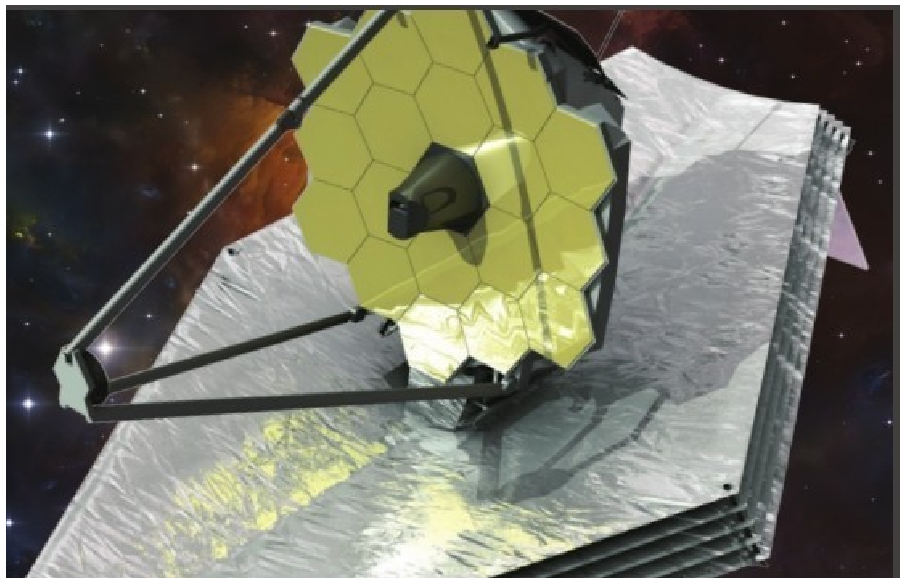
空间成像的艺术

虽然是哈勃空间望远镜“看见”了恒星、星系和星云，但却是地面上的一大群人将这些观测变成我们所钟爱的激动人心的图像。



与哈勃空间望远镜有关的数字

哈勃空间望远镜令人难以置信的绝不仅仅是它所能观测的距离—了解一些与这台望远镜有关的其他天文数字。



哈勃空间望远镜2.0

哈勃空间望远镜革命

伊丽莎白·皮尔森回顾了哈勃空间望远镜创造的跨越1/4世纪的科学。



“哈勃空间望远镜最重要的发现是超乎任何人预期的—它彻底革新了我们看待宇宙的方式。”

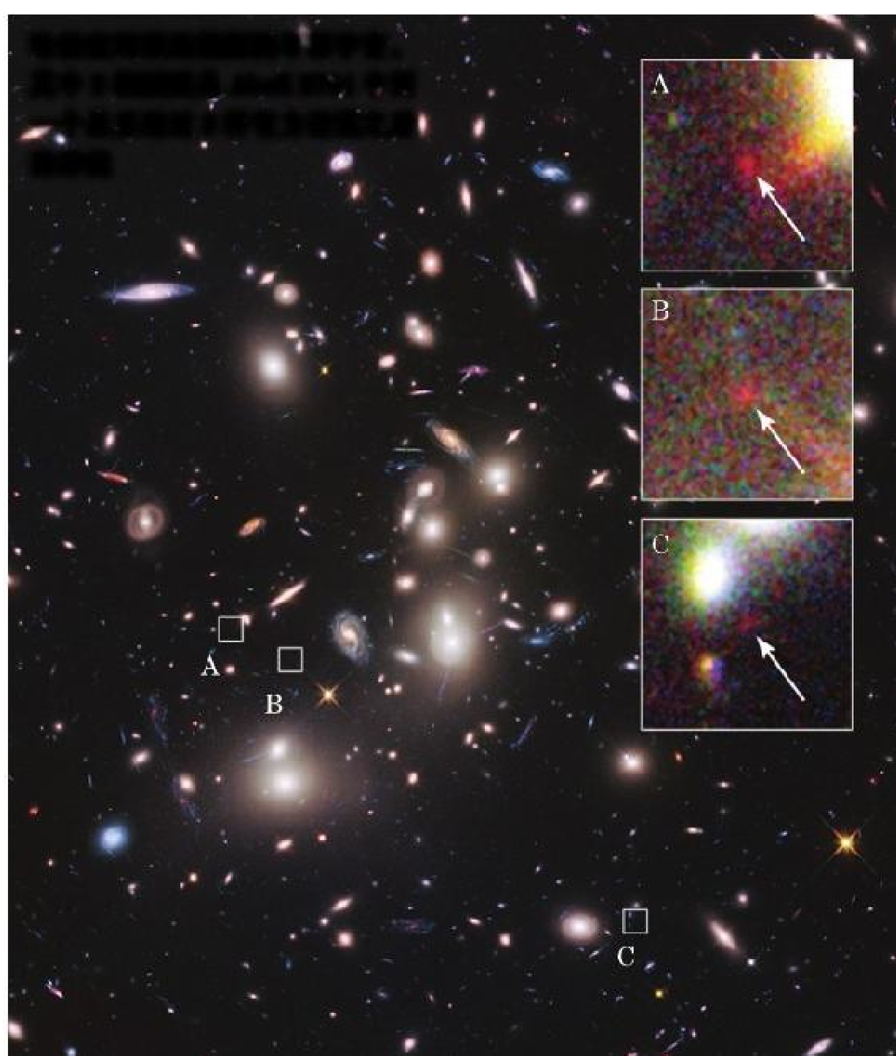


发现号航天器于1990年4月24日升空，将哈勃空间望远镜送入轨道

25年来，哈勃空间望远镜拍摄的令人回味的画面令全世界惊叹不已，这些画面通过前所未有的视角使我们与宇宙相连。它绝不仅仅是一台科学设备，而且已然成为空间科学的核心。虽然在哈勃空间望远镜之前也曾有过空间观测站，但哈勃空间望远镜的科学影响力与多功能性是无可匹敌的，它仍然是迄今最好的望远镜之一。成百上千名天文学家经常用到哈勃空间望远镜，通过这台极为先进的设备进行长达数年甚至数十年的宇宙观测。这些持续的观测已经带来了许多发现，并且在哈勃空间望远镜进入太空的25年之后仍然有层出不穷的新发现。就在2014年10月，哈勃空间望远镜探测到了迄今发现的最古老的星系之一。这个星系非常遥远，以至于来自它的光线穿行了130多亿年的时间。

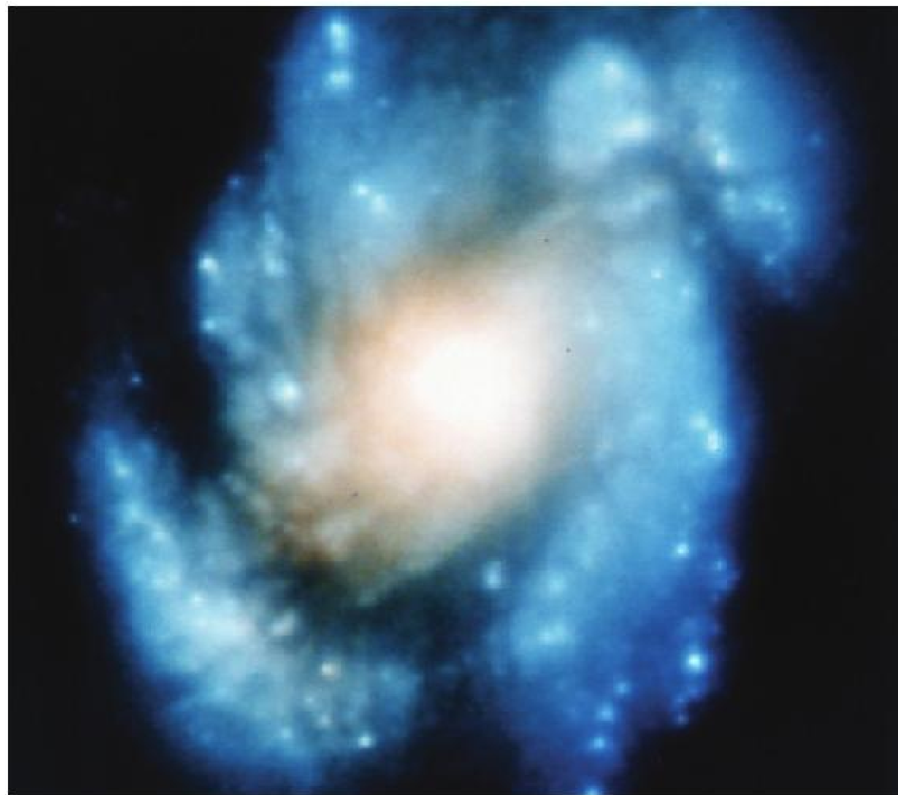
意想不到的科学

也许哈勃空间望远镜最重要的发现是超乎任何人预期的——它彻底革新了我们看待宇宙的方式。研究人员试图通过哈勃空间望远镜的精确光学系统为遥远星系中的超新星成像并计算其距离，从而估算宇宙的膨胀速度。



哈勃空间望远镜探测早期宇宙。其中3幅插图是Abell 2744中同一个星系透过3种引力透镜之后的样貌

但是观测表明，宇宙膨胀并没有像他们预期的那样放慢速度，且结果表明，宇宙膨胀是加速的。为了解释这一点，研究人员不得不引入一种未知的力量来驱动星系的相互分离：暗能量。“哈勃空间望远镜改写了天文书。”欧洲空间局哈勃项目科学家安东内拉·诺塔说。从哈勃空间望远镜发射之前就致力于相关的研究工作开始，诺塔已经使用这台望远镜超过了30年，期间历经了艰辛困苦却仍然坚守着这个项目。在哈勃空间望远镜还没有升空前就遭遇了资金危机，随后欧洲空间局加入了这个目前仍属于NASA的项目，承担财务负担并提供仪器和工作人员。当诺塔于1986年初加入时，哈勃空间望远镜已做好了发射准备。





哈勃空间望远镜在1993年进行第一次修正视力任务前后，对旋涡星系M100成像，其清晰度的差异是令人震惊的。

专家解读

迈克尔·加西亚是NASA总部的哈勃项目科学家。



1999年我首次使用哈勃空间望远镜，作为一般用户，我有一个已经超过15年的项目。每年我们都会对仙女星系进行一系列的短曝光拍照，我们也用钱德拉X射线天文台同步进行观测。我们正在寻找新的黑洞。

我认为这是一个非常棒的主意。我们大约每年都会找到一个，当然，我们发现的第一个非常棒。

如果你想使用哈勃空间望远镜，就必须提交申请。每年大约有1000份申请，你提出自己最得意的想法，尽可能清楚地以书面形式解释，并将其提交给哈勃空间望远镜科学委员会。他们每年进行一次评审，但是只有大约20%的申请会被选中。其他80%基本也是非常好的想法，但哈勃空间望远镜实在太有用，以至于人们可以毫不费力地提出好的想法。所以你得默默祈祷，如果你的申请没有通过，那就再试一次。

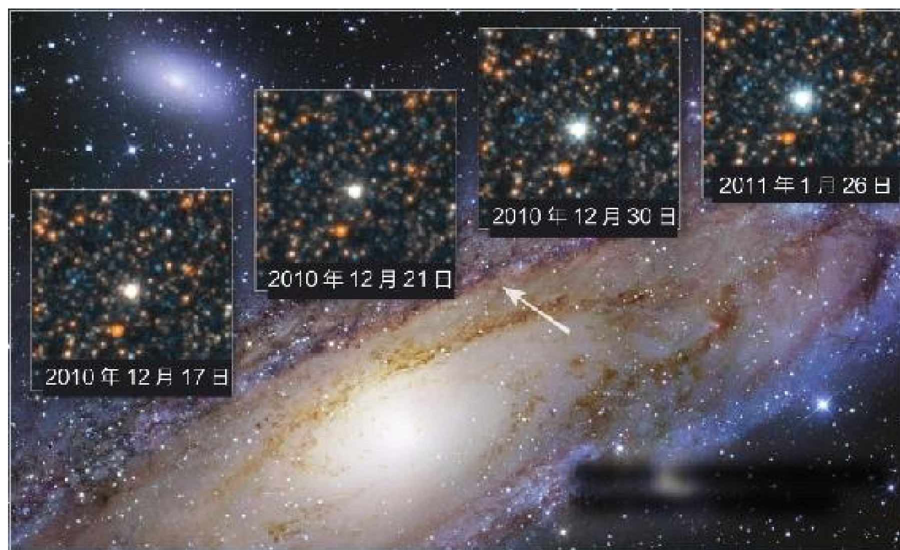
在一些关于哈勃空间望远镜的最初想法里，曾经考虑过派人去望远镜后面观测或者使用胶片拍摄，然后将胶片放进一个容器发射回大海里并回收。但他们很快意识到，使用CCD相机并将图像传回地球会更好。

有一个非常重要的小组负责采集所有观测结果，评级并排出一年的观测计划，每周观测一次。这个小组制作了一个非常详细的观测目标列表，他们将观测计划精确到了毫秒量级。他们与观测者一起规划每一个细节。

大约在观测前一个月，一切都将锁定并难以更改。命令会提前一周上传到望远镜，然后由望远镜来执行该系列命令。

重大发现

近年来，哈勃空间望远镜在一些主要的天文学发现中发挥了关键作用。

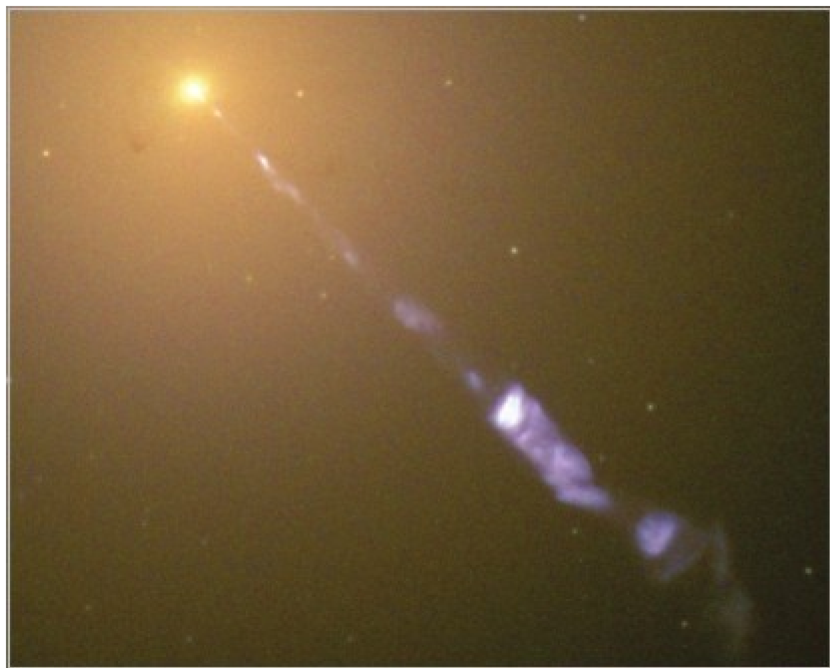


观测M31和其他地方的造父变星有助于改进对宇宙年龄的估算

宇宙的年龄

自大爆炸以来，宇宙就一直在膨胀，但这已经持续了多长时间？宇宙的年龄是宇宙学的基本问题之一，但在哈勃空间望远镜之前，人们普遍认为是在100亿～200亿年。为了更精确地测量宇宙的年龄，天文学家必须确定它的膨胀速度，这个值被称为哈勃常数。

于是哈勃空间望远镜开始发挥作用了，它在不同的星系中探测到了造父变星。这些造父变星以一种特殊的方式发出脉冲，使科学家得以非常精确地计算其亮度，从而测量出到该造父变星所在星系的距离。通过测量遥远星系中的31颗造父变星，可以得到精度达5%的膨胀速度，得出宇宙的年龄约为137亿年，此后又精确到138亿年。



M87的黑洞驱动的喷流，在这里哈勃空间望远镜发现了第一个超大质量黑洞

超大质量黑洞

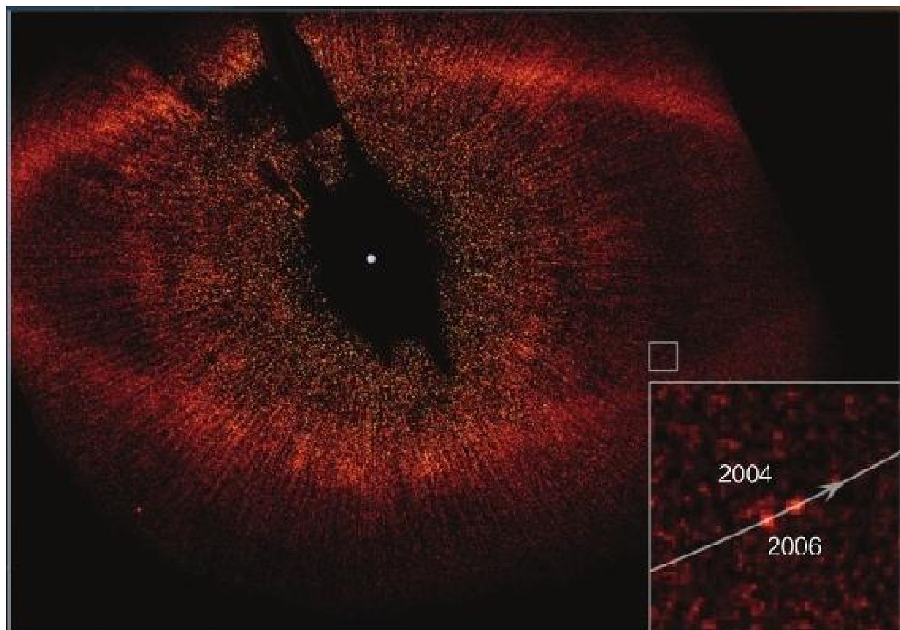
1990年，有人猜测在大多数星系的中心，存在具有数十亿太阳质量的超大质量黑洞，但却没有证据。哈勃空间望远镜将改变这种局面。“哈勃空间望远镜发现在星系中心，一侧的气体以高速远离我们，而另一侧的气体以相同的高速向我们运动。”NASA哈勃项目科学家詹尼弗 ·怀斯曼说,“能使气体保持在如此高速的轨道中的唯一可能是大量物质被压缩成小体积。简而言之，就是一个超大质量黑洞。”哈勃空间望远镜发现的第一个这样的庞然大物是在M87星系，但不久之后就发现了更多的超大质量黑洞。



哈勃空间望远镜在猎户大星云中发现了一组50颗的褐矮星

恒星的生与死

恒星形成的环境对于它们将成为什么类型的恒星起着巨大的作用。“恒星往往在星群和星团中成长最快，最大的恒星形成最快。”怀斯曼说，“然后这些大恒星消耗周围的气体，使随后的恒星形成更难。哈勃空间望远镜帮助我们了解到恒星是如何在动态环境中形成然后影响环境的。”哈勃能够看到星云中的这些气体云的复杂性，如猎户星云，这对于了解恒星如何形成至关重要。“哈勃空间望远镜因为它的灵敏度和清晰的角分辨率帮助了我们。”怀斯曼说，“你可以分辨出单颗恒星及其环境。”



哈勃空间望远镜捕获北落师门 b在其母星的碎片盘中运行

系外行星

当哈勃空间望远镜发射时，人类还没有发现太阳系外行星。现在已经有超过1000颗已确认的系外行星。“哈勃空间望远镜改变了我们对恒星和行星是如何形成的认识。”怀斯曼说，“它是第一批看到所有恒星似乎都被尘埃碎片盘包围的望远镜之一。”但仅仅是找到行星已经远远不够了，天文学家希望对它们进行分类，观察它们的大气层，看看系外行星上的环境是什么样的。哈勃空间望远镜也是第一个探测到系外行星大气中存在特定元素的望远镜。“当将在下一个航天器上发射时，我们感到令人难以置信的兴奋。”诺塔说，“但在1月份，我在大礼堂里目睹了挑战者号的爆炸。”悲剧和随后的调查导致航天器的运输中断了将近3年。哈勃空间望远镜最终于1990年利用发现号发射升空。“每个人都期待着壮观的图像，”诺塔说，“当时就发现了球面像差。”由于制造上的一个失误，哈勃空间望远镜直径2.4米镜面的曲率超出了4微米。这只是人类头发宽度的1/50，但却足以造成光线无法正确聚焦。这台世界上最大的望远镜几乎变得毫无用处。“起初人们不敢相信自己的眼睛，”诺塔说，“每当一张那样的图片出现在我们的屏幕上时，你都能看到人们失望和难过的表情。但是总有办法能解决问题。”拯救哈勃空间望远镜的就是它的升级能力——这也正是让哈勃空间望远镜成为有史以来最高产的天文设备

之一的能力。1993年12月，第一次修复任务安装了一台新相机，即宽视场和行星相机2，它补偿了球面像差从而使得科学家们能够充分利用这台望远镜强大的光学系统。在接下来的几年里，哈勃空间望远镜又进行了4次维护，以便维修和安装新设备、陀螺仪和电池。这不仅让哈勃空间望远镜保持最佳状态，也使这台空间望远镜始终配备了当时最好的设备。“每当宇航员去那里，再离开的时候，它就是一个全新的天文台。”NASA哈勃项目科学家詹妮弗 ·怀斯曼说，“经过25年的努力，哈勃空间望远镜现在正处于科学性能的顶峰。”



哈勃空间望远镜在2009年的最后一次修复任务中停泊在亚特兰蒂斯号航天器上。这些升级将使这架空间望远镜能持续运行到2020年

文化标志

除了进行科学观测外，哈勃空间望远镜还定期拍摄令人难以置信的精致图像，然后向公众发布。今天，你可以在任何地方看到这些图像，无论是在邮票还是T恤或电影屏幕上。当看起来哈勃空间望远镜无法完

成它的第5次（也是最后一次）修复任务，而不得不缩短其运行周期时，公众表示了强烈抗议。“我们让世界各地的人们为维护哈勃空间望远镜而团结起来。”怀斯曼说，“它显示了这个天文台的受欢迎程度。人们乐于使自己的目光和精神超越日常生活的平凡，并看到我们是宏伟宇宙的一部分。”在公众的支持下，2009年的最后修复任务确保哈勃空间望远镜可以继续运行到2020年，并且毫无疑问，它将继续利用其剩余的使用寿命发掘更多惊人的发现。但哈勃空间望远镜的遗产远远超出了它所做的科学贡献。今天学生们正在寻求在天文学的职业生涯，因为他们在儿时看到的哈勃空间望远镜的图像，而这些标志性的图片将成为未来数年流行文化的一部分。“哈勃空间望远镜是人类的望远镜，”诺塔说，“它属于每个人。”



哈勃的继任者

虽然哈勃空间望远镜将在2020年之前保持运行，但NASA一直忙于建造其继任者詹姆斯·韦伯空间望远镜（JWST），然JWST不仅仅是哈勃空间望远镜的升级版。与只是建造另一台更大更好的光学望远镜不同，NASA决定向另一个方向前进，致力于开发有史以来最大的红外空间望远镜。“回溯早期的宇宙，你真的需要借助红外线。”NASA哈勃计划科学家迈克尔·加西亚说，“哈勃空间望远镜没有这种能力。JWST将继续已经开展的工作。”通过红外观测，JWST将能够比哈勃空间望远镜看到更远的地方。红外辐射不仅可以穿过阻挡大部分可见光的尘埃云，而且还可以让望远镜探测到极其遥远以至于被红移出可见光谱范围的星系。“我们希望它的影响力将能与哈勃空间望远镜匹敌，”加西亚说，“我

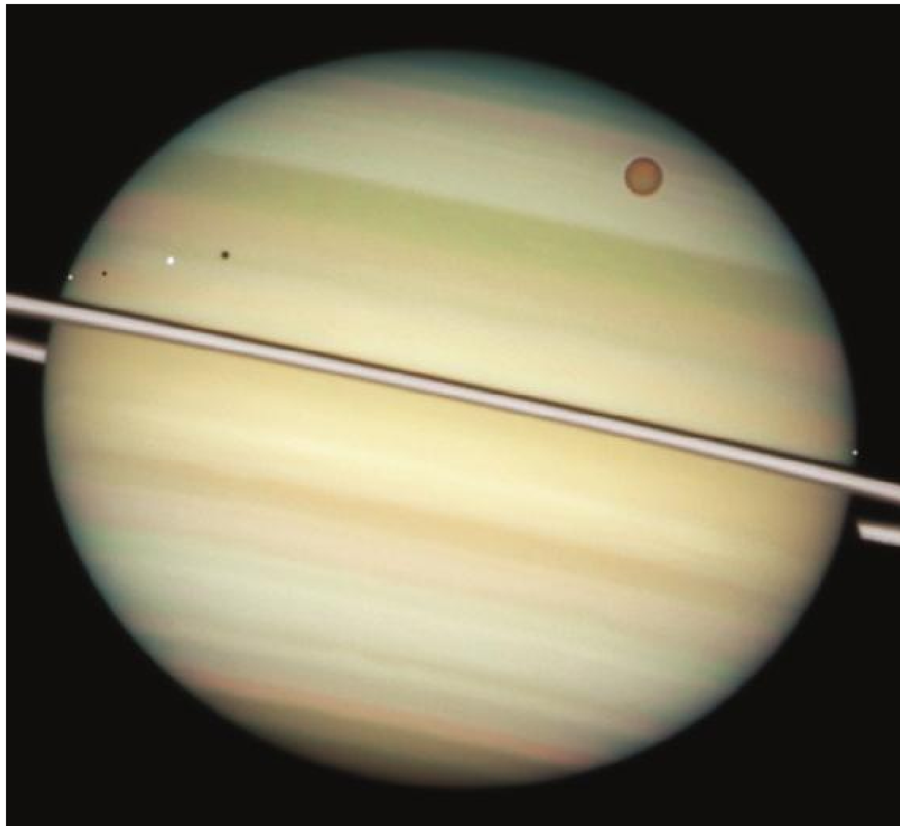
们希望在哈勃空间望远镜声誉的基础上更进一步。”



太阳系

在距离地球表面上空568千米的有利位置，哈勃空间望远镜能够捕捉到许多太阳系其他成员的最佳图像。从伤痕累累的月球表面上难以置信的细节，到矮行星冥王星，哈勃空间望远镜拍摄的图像勾勒出了我们所见的太阳系。哈勃空间望远镜的观测使人们对天王星奇特的光环系统、火星大气的季节性变化以及木星卫星上的火山活动有了新的了解，它还提供了彗星和小行星撞击气态巨行星的图像。多亏了哈勃空间望远镜，我们前所未有地了解了行星。

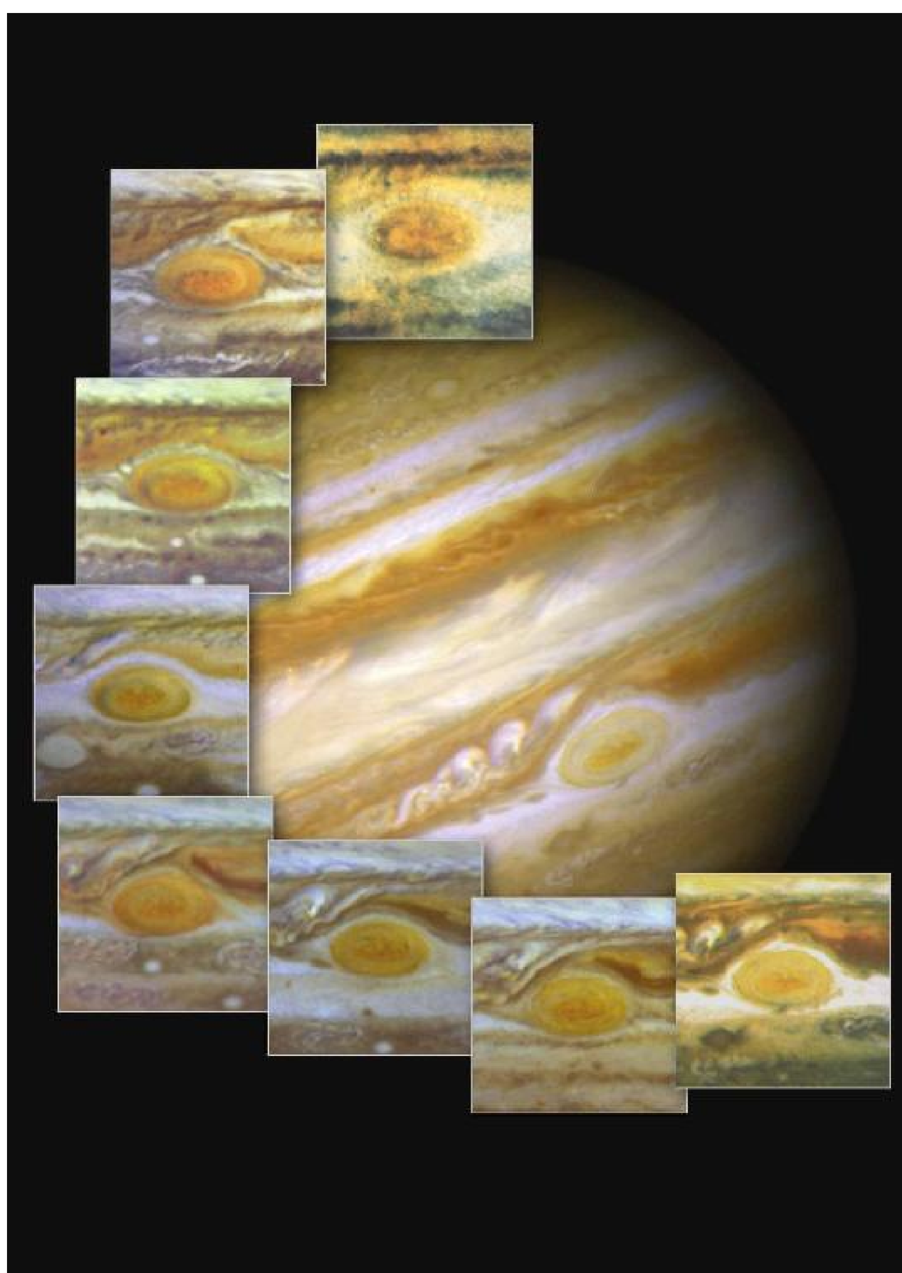




土星卫星四重凌

2009年2月24日

这幅土星的特写镜头捕捉到几颗土星卫星运行经过这颗巨大气体行星的表面：巨大的橙色卫星土卫六（泰坦——它比水星还要大）位于土星的右上边缘附近，还有白色的冰质卫星土卫二和土卫四，以及位于最右侧光环边上的土卫一。



千变万化的超级风暴

1992年5月—1999年6月

20世纪90年代的这张蒙太奇照片展示了木星大红斑的连续变化。这场巨大而古老的类似于气旋的风暴直径为2.48万千米，是地球直径大小的两倍，它的大小、形状和颜色都在不断变化。



火星特写

2003年8月27日

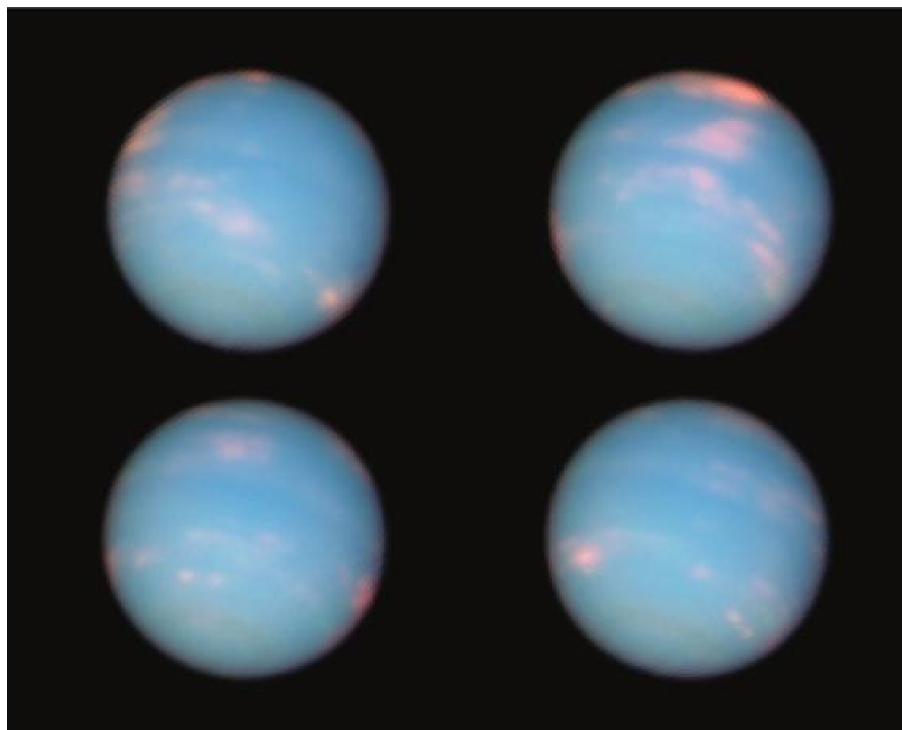
在火星近6万年来最接近地球的一次穿越中，哈勃空间望远镜拍摄了这张图片，其中包括奥林匹斯火山、长达4000千米的水手峡谷系统和火星南极冰盖。



残骸之地

2005年8月21日

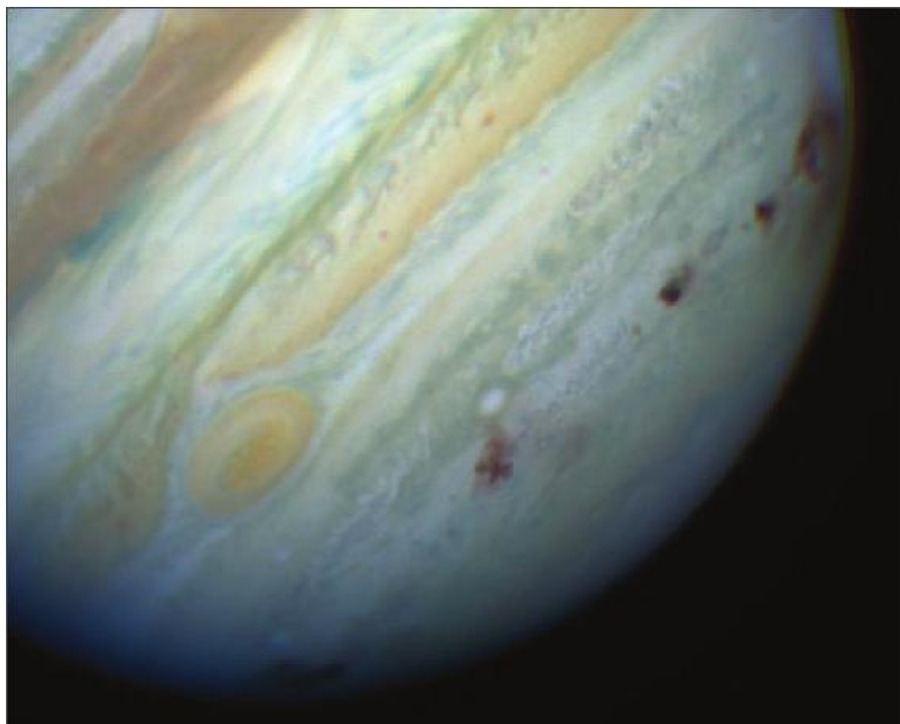
这张月球上阿利斯塔克斯陨石坑的图片让人感受到了撞击产生的力量。这个陨石坑宽42千米，深3.2千米，是月球上最年轻的陨石坑之一。



冰风暴

2011年6月25—26日

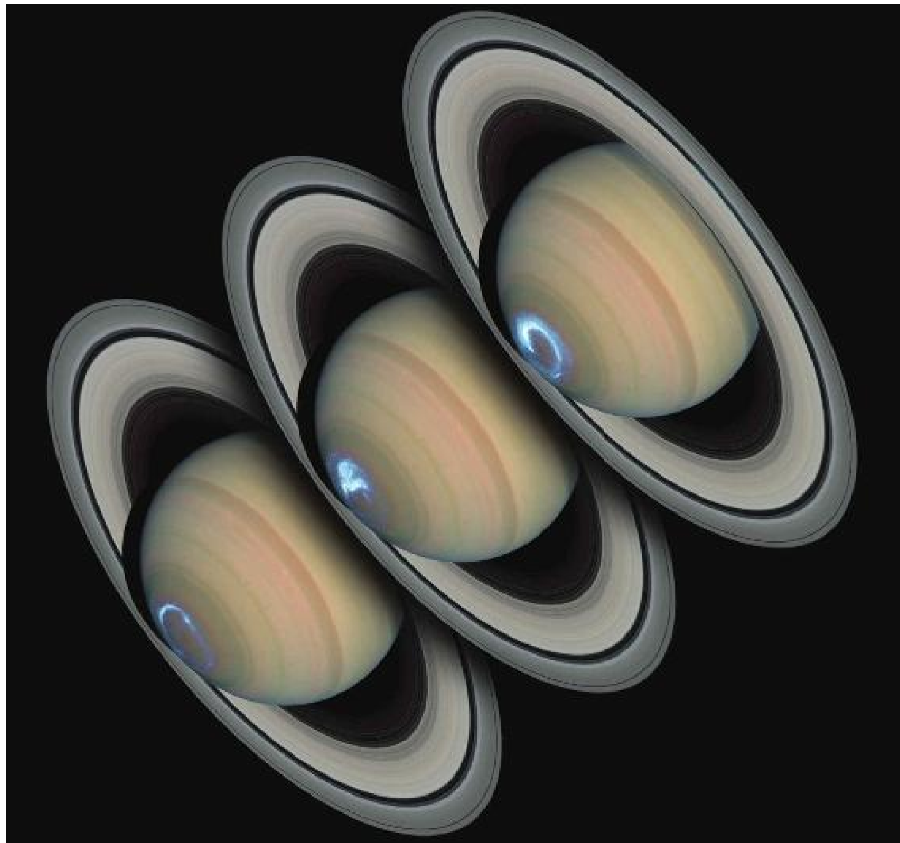
这4张太阳系最外层的行星——海王星的图片，可以看到这个冰巨人的全貌。它们展示了由甲烷冰晶组成的高空云团，通过反射红外线而呈粉红色。它们与地球特有的淡蓝色（因为地球的大气吸收了红光）形成了鲜明对比。



斑斑撞痕

1994年7月

1994年7月16日，舒梅克-列维9号彗星在潮汐力的作用下支离破碎，并撞向木星。哈勃空间望远镜观测到木星表面的巨大变化，黑色的碎片被抛到这颗气体巨星的浅色云层上方。



超凡脱俗的极光

2004年1月24日、26日和28日以及3月22日

2004年1月的几天中，土星光环绕着土星南极地区舞动，光环的美感与极光的动态相得益彰。尽管哈勃空间望远镜只是在可见光下对土星进行了成像，但它在紫外线下捕获了极光的样貌，这就是为什么它似乎发出蓝光的原因。在可见光下，巨行星大气中存在发光的氢，使其呈现红色。



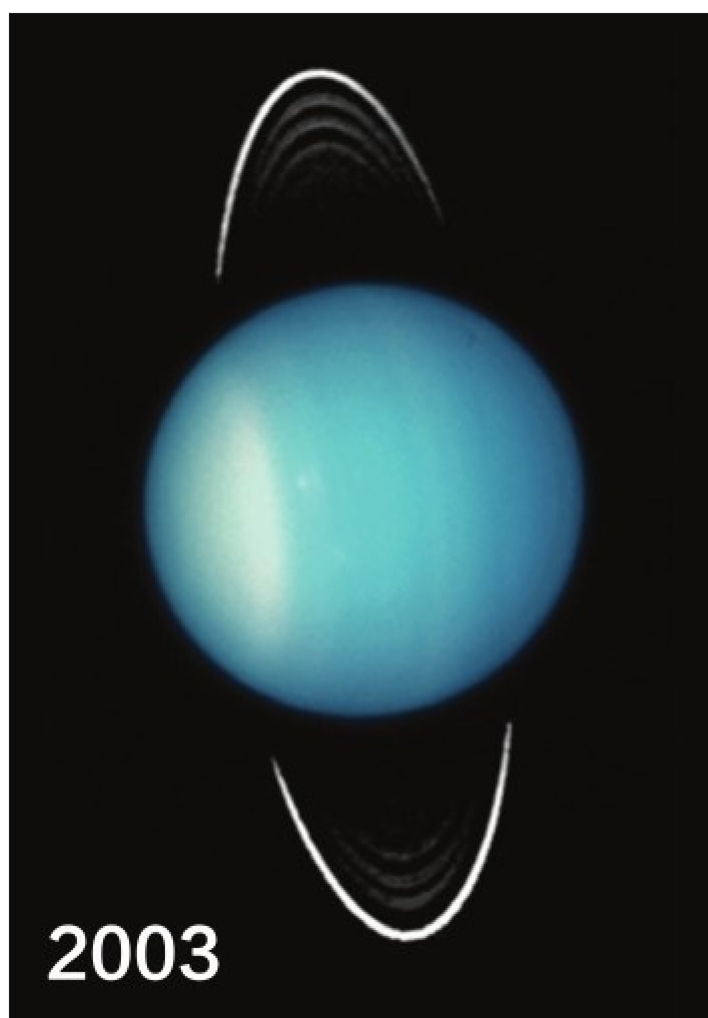


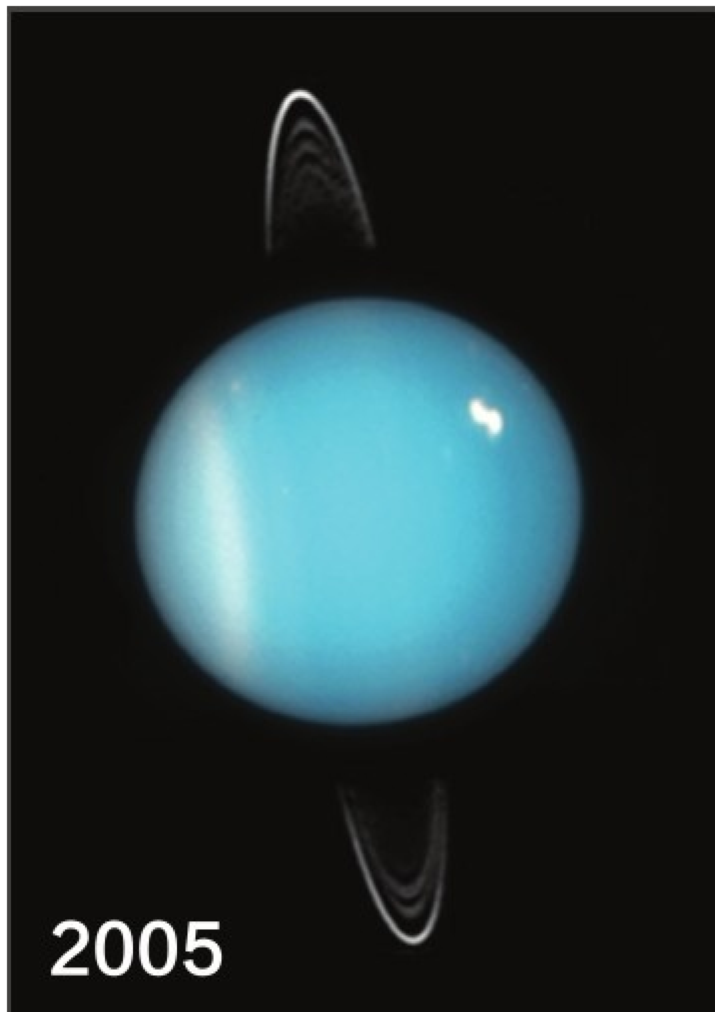


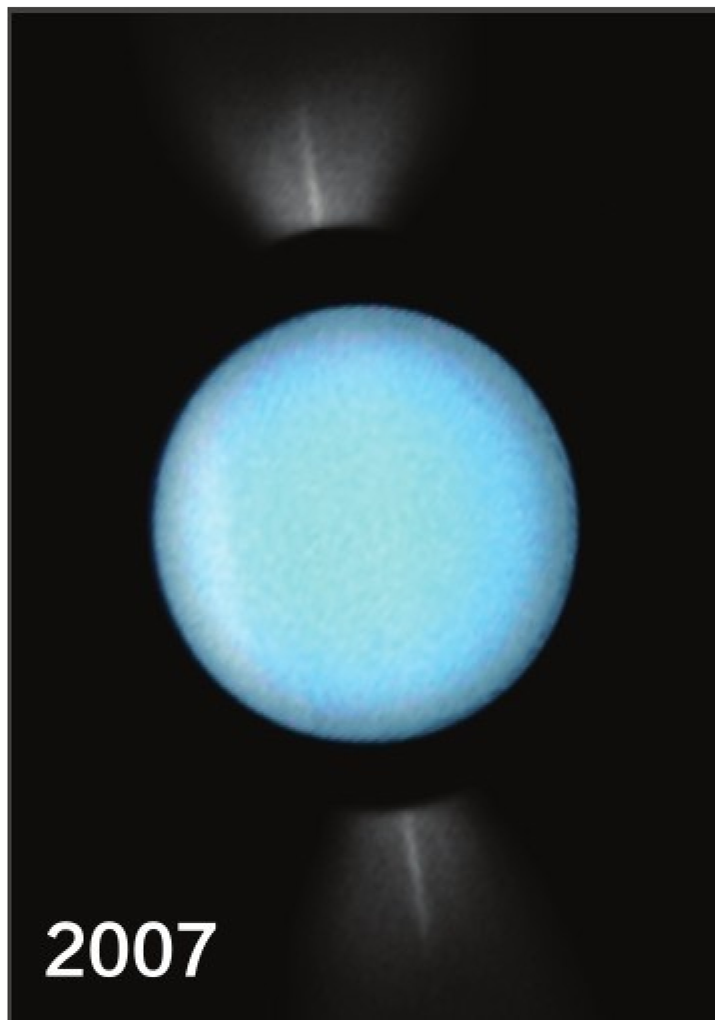
紫外光下的木卫一

1997年7月5日

哈勃空间望远镜在木星卫星木卫一飞越木星的过程中通过紫外线拍摄了这幅图片，这帮助天文学家测量了这颗卫星的火山灰成分。这些图像表明火山喷发物由二氧化硫霜组成。当图像被锐化之后，科学家们可以看出羽状物在这颗卫星表面延伸了200千米。


2003

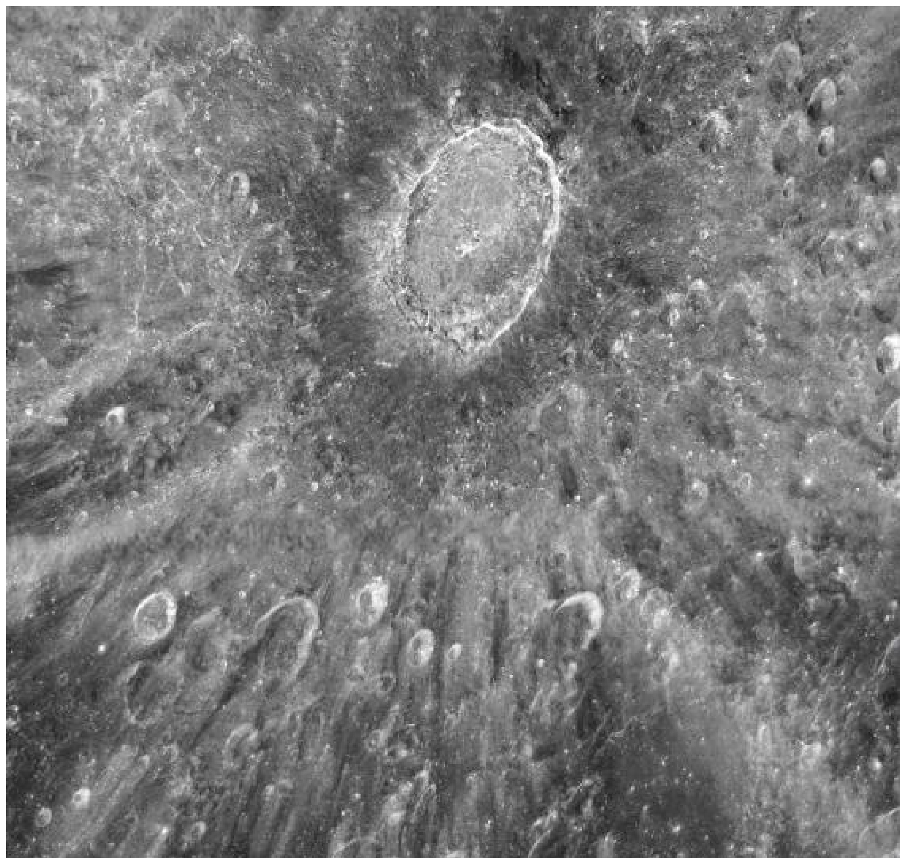

2005



交错的光环

2003年、2005年和2007年

这些天王星的图片展示了从地球上看到的冰巨星光环系统随着时间的变化。随着天王星在其84年的轨道上绕太阳运动，我们看到的天王星光环变得不那么倾斜，直到它看起来呈现出最终图像中的侧向模样。这是天王星光环第一张交错的照片，上次发生时我们还不知道光环的存在。



狂暴地形

2012年1月11日

这幅图片揭示了位于月球南半球的第谷陨石坑的暴力形成过程。这个80千米宽的靶心是大约1亿年前的一次小行星撞击产生的，当时撞击坑的边缘物质被抬高到距月面上方近5千米处，喷溅出数百千米的浅色碎片。



自然视角

1995年7月9日

哈勃空间望远镜总部的专家处理了这幅土星的图片，呈现了人眼可能所见的光环行星的模样。用这样的方式，这颗气态行星的氨和甲烷冰带比我们想象的还要柔和。



彗星链

2006年4月18日

2006年，随着彗星73P/施瓦斯曼瓦赫曼3号彗星靠近太阳，热量、重力和动态应力将脆弱而古老的冰体分裂成了一连串的30多个独立碎片。其中一个碎片的特写镜头展示了一块房屋大小的冰块跟随在主体后面，提供了比当时从地面能观测到的更细致的图像。



与火星面对面

2001年6月26日

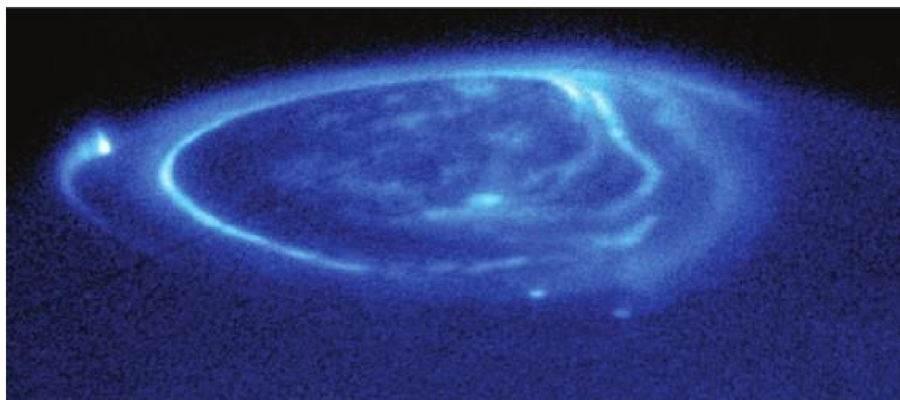
悬挂在红色星球表面上方的是冰冷的白色水冰云，而沙尘暴给行星带来了阴霾。哈勃空间望远镜的真彩色图像显示了火星天气的季节性变化，这幅图像帮助火星着陆器团队进行了任务规划。



失踪的腰带

2010年6月7日

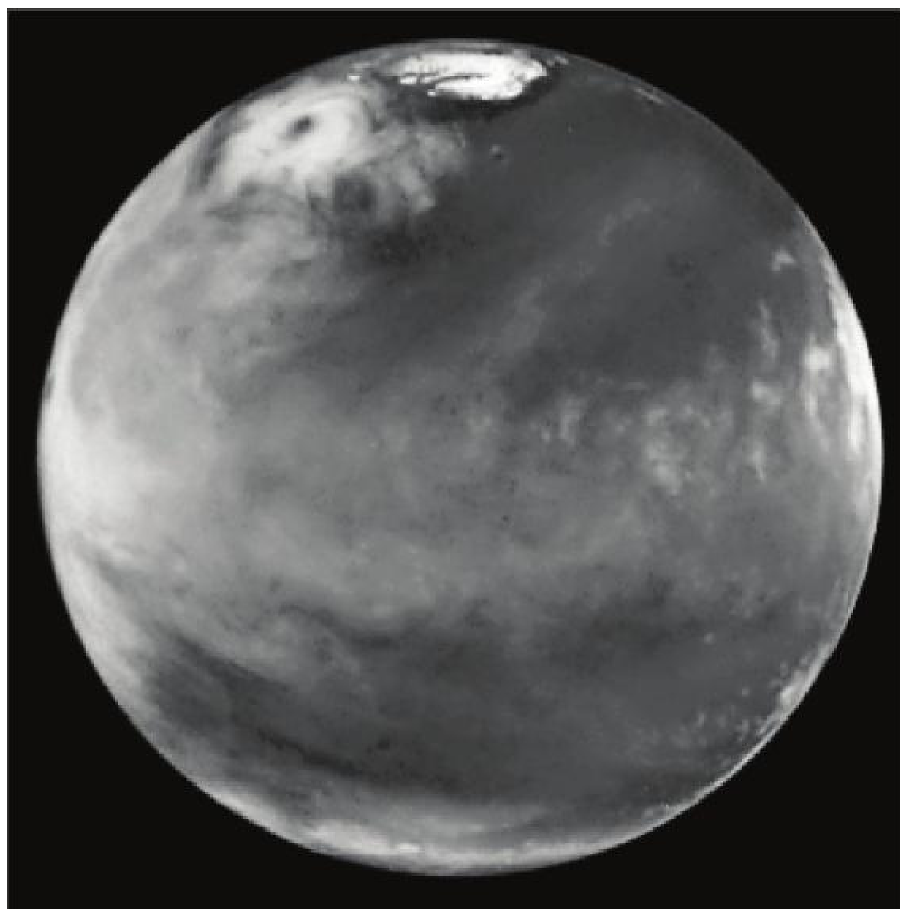
这里可以细致地看到木星的条带，但其中的一条失踪了。2010年，深色的木星南赤道带被一层白云所覆盖，使其弱化为盘底部的一连串斑点。



极光加冕

1998年11月26日

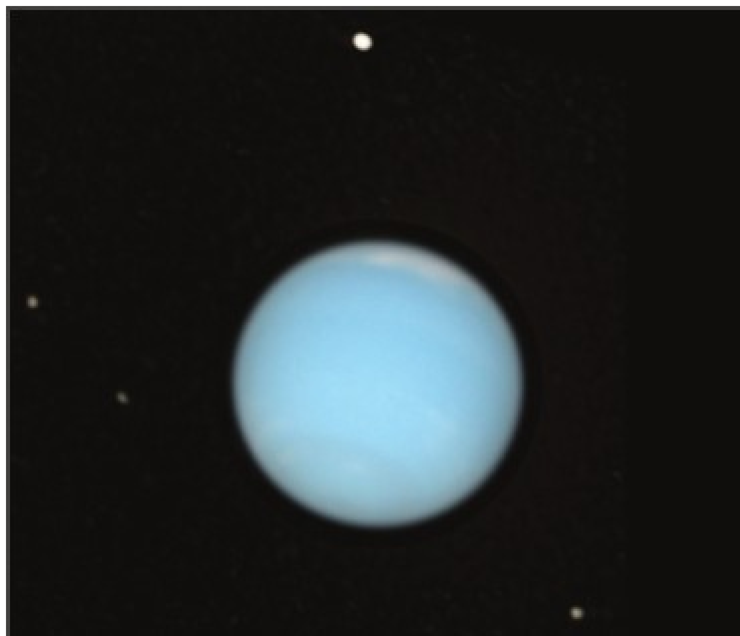
这幅图像显示高能电子撞击木星北极地区上方的大气层。这颗星球的磁场创造了太阳系中一些最劲爆的演出。



极区风暴

1999年5月19日

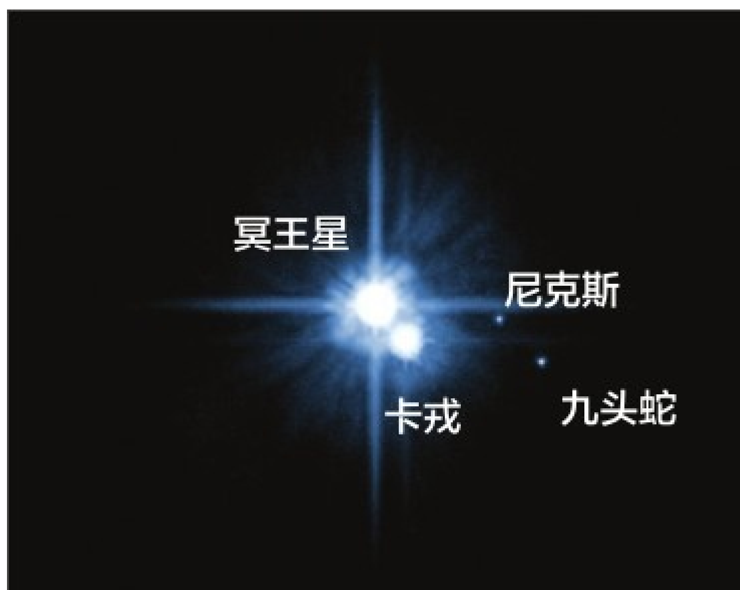
当哈勃空间望远镜通过蓝光拍摄时，火星北极冰盖附近的这场凶猛风暴的宽度超过1600千米。在西部边缘（左边）赤道附近的云层中穿出的黑点是高达25千米的艾斯克雷尔斯火山之巅。



遥远的卫星

2005年9月1日

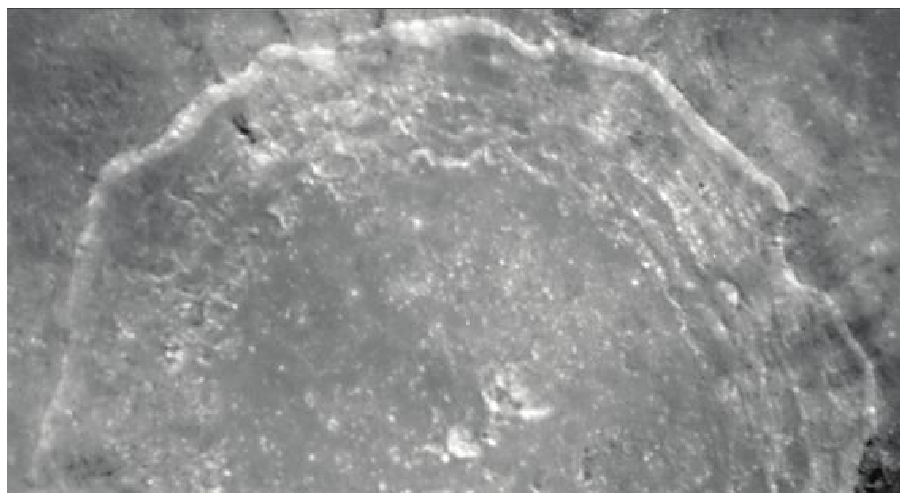
这里展示了海王星富含甲烷的蓝色圆盘及其13颗已知卫星中的4颗。图中（顶部顺时针）分别是海卫八、海卫七、海卫五和海卫六。



冥王星的随从

2006年6月22日

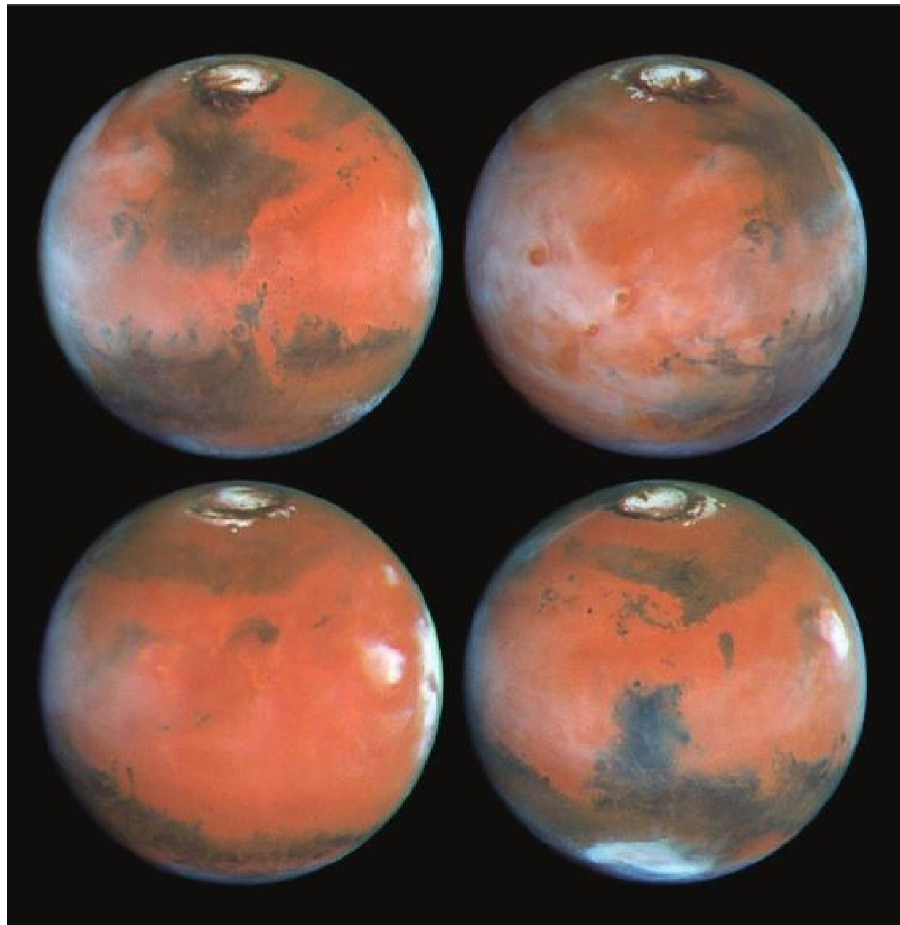
哈勃空间望远镜在2005年新发现了两颗绕着矮行星冥王星运行的卫星，它们被命名为冥卫二尼克斯和冥卫三九头蛇。它们离冥王星的距离大约是冥卫一卡戎的5倍。



撞击坑特写

2006年4月16日

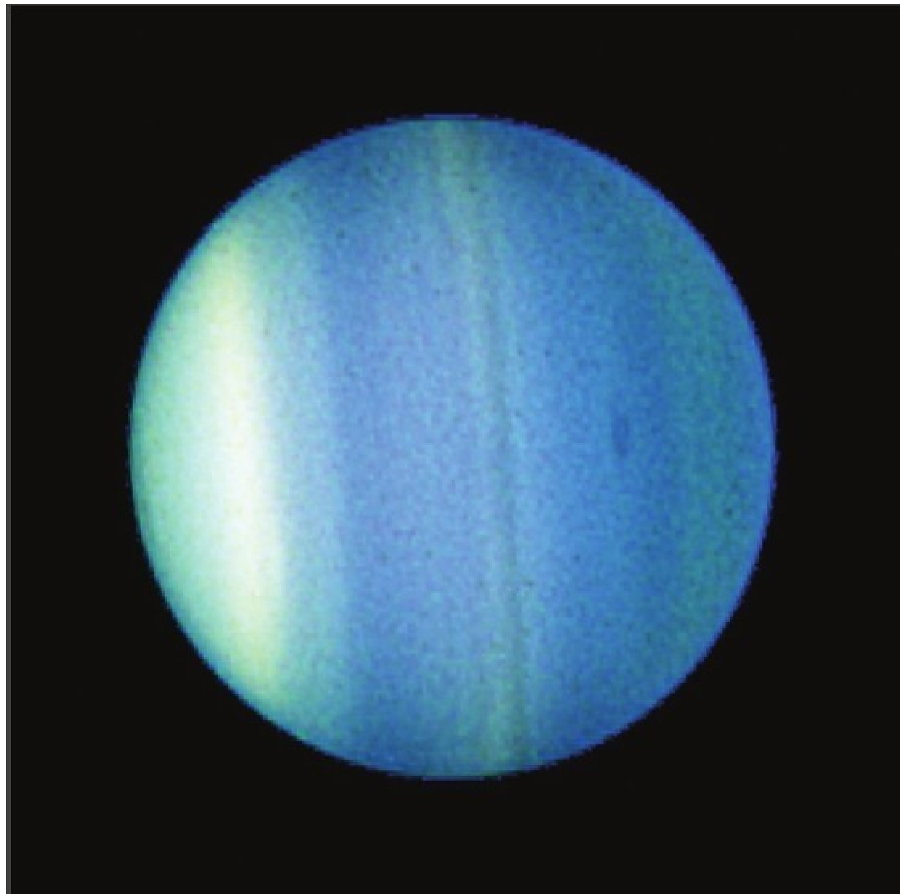
哥白尼陨石坑的这张特写显示了阶梯状斜坡和散落在撞击坑地面上的碎片堆。该图像的分辨率极高，甚至可以分辨出小至85米的细节。



4张脸孔

2007年3月30日

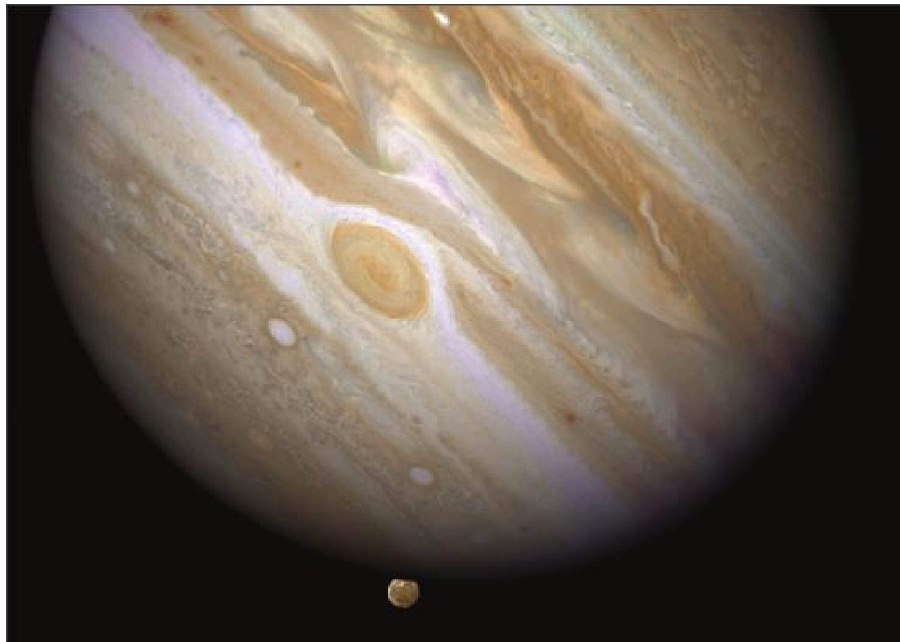
在上面的每幅图像中，火星旋转了大约90度。左上图显示了阿西达里亚平原的暗区，而右上方的塔尔西斯火山则很突出。在左下方的图像中有一个相对无特征的扇区，而右下方的图中，圆盘由黑暗的大瑟提斯地形主导。



翻腾的云

2007年9月28日

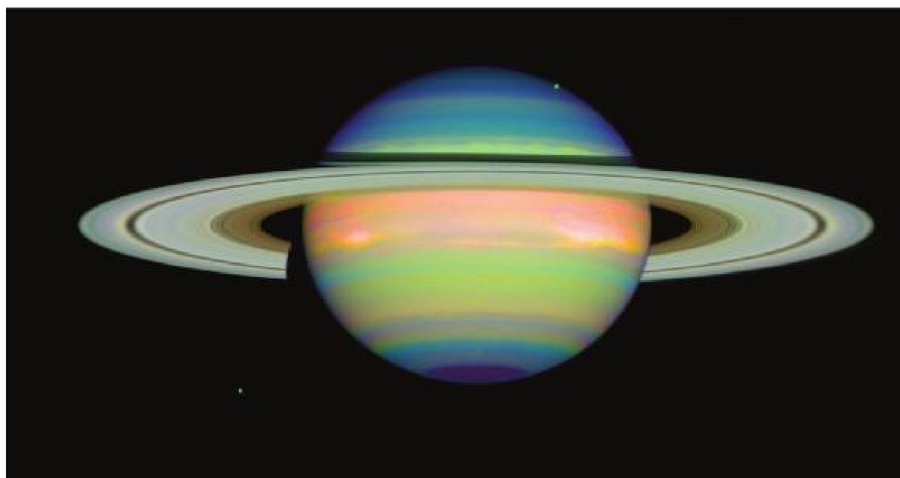
类似这样的天王星图像让科学家们能够研究这颗距离太阳30亿千米的冰冷世界的风暴大气。中央条带右侧的黑暗漩涡大到可以吞下2/3个美国，大小为1700千米×3000千米。



羞涩的卫星

2008年12月18日

在消失在木星身后之前，木星的卫星木卫三透露了它的一些细节。它的黑色岩质表面与气态巨行星表面卷曲柔和的赭色形成了鲜明对比。

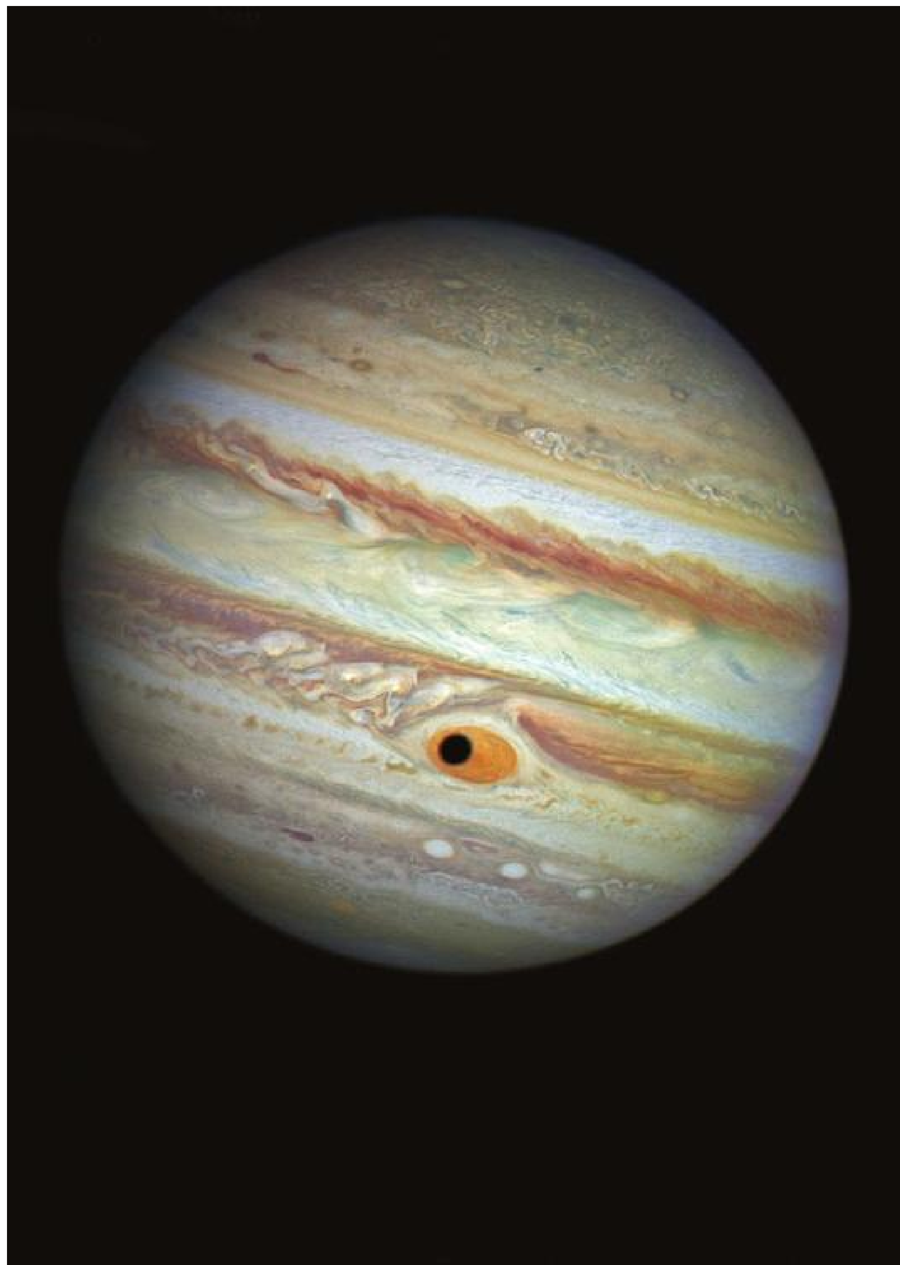


五彩斑斓的土星

1998年4月23日

这是红外线下成像的被光环环绕的土星。蓝色表示透明层，绿色和

黄色表示主云团上方的雾，而红色和橙色表示正在接近大气层的云。

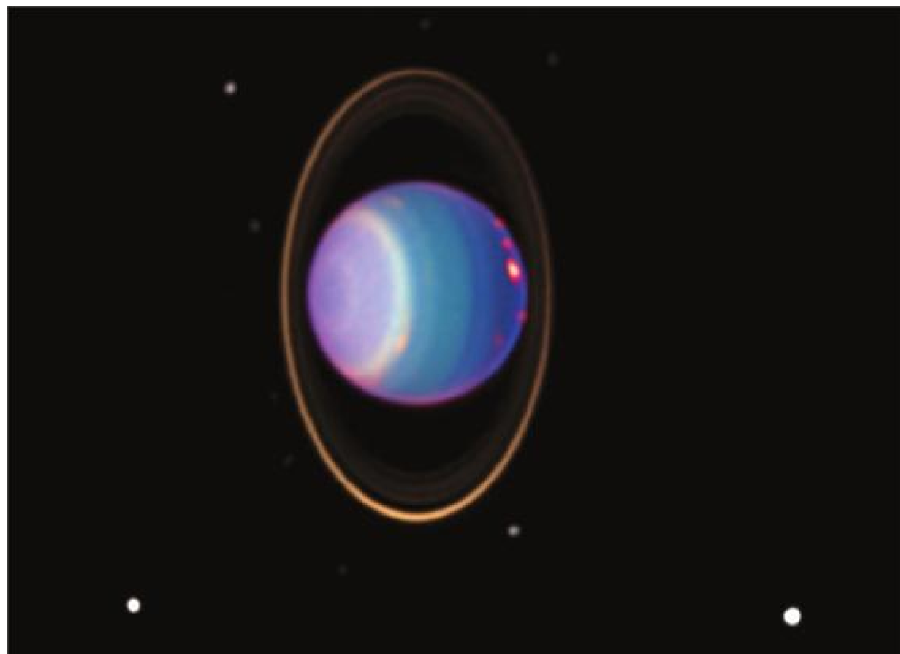


影子游戏

2014年4月21日

在监测木星大红斑的变化时，木星卫星木卫三的阴影掠过了风暴的中心。让这颗巨行星看起来像是有一个直径16万千米的眼睛及瞳孔，木

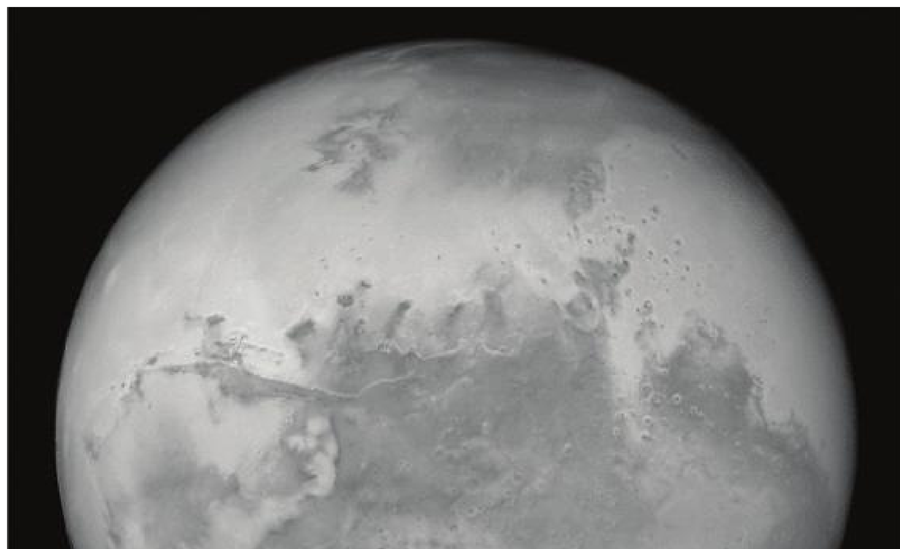
星似乎正在回望着我们。



云和光环

1998年8月8日

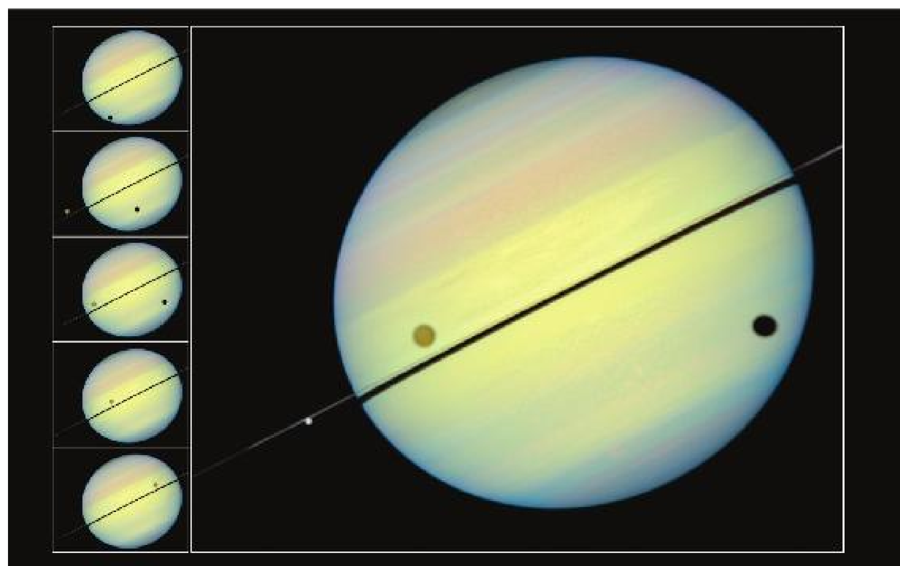
这张天王星的图像展示了绕转行星转动速度超过500千米/小时的明亮云团。其中，右侧的一块云团是拍摄这幅图像时天王星上面最亮的云团之一。



黑白戏剧

2003年8月27日

在这幅火星的超清晰视图中，每个像素只有6千米宽。它展示了长达4000千米的马萏尼峡谷复合地貌、太阳湖（左下角）和最左侧的塔尔西斯高原。



追逐影子

1995年8月6日

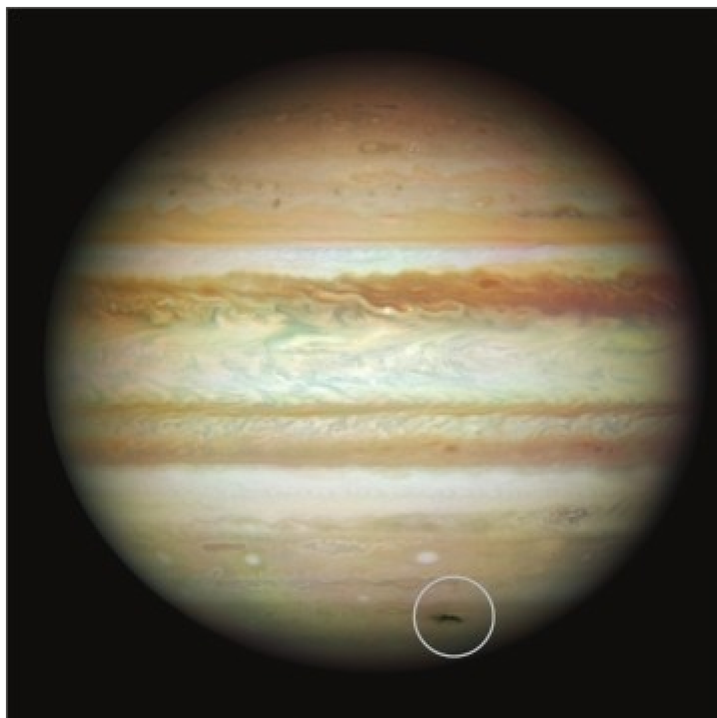
土星的深褐色卫星土卫六泰坦穿过行星盘稀薄的云层，追寻着自己的影子。左侧土星光环下恰巧可以看到的卫星是土卫三特提斯。



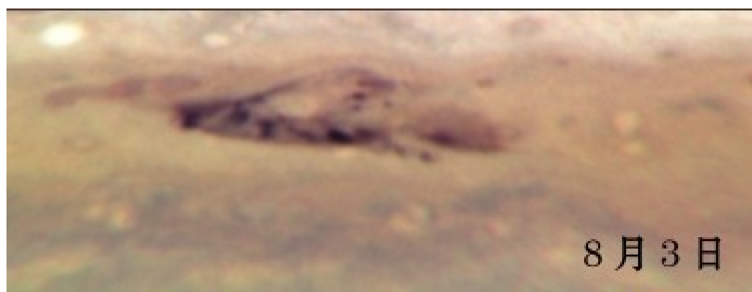
冰冷的闯入者

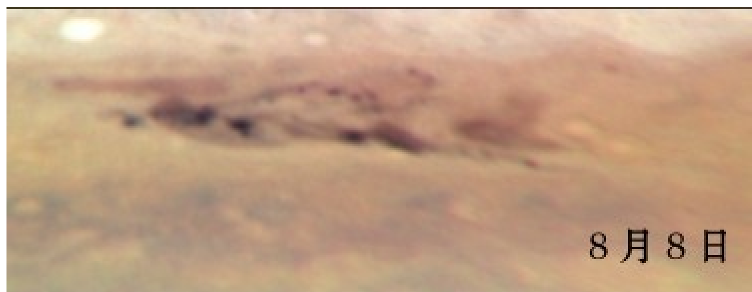
2013年10月9日

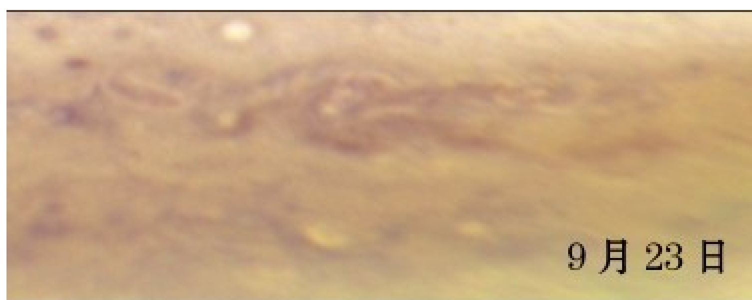
哈勃空间望远镜在2013年拍摄的造访内太阳系的艾森彗星的最佳图像之一。虽然没有很好地分辨出彗星的头部，但光滑的彗发表明彗星在与太阳的相互作用中尚未被瓦解。




7 月 23 日


8 月 3 日

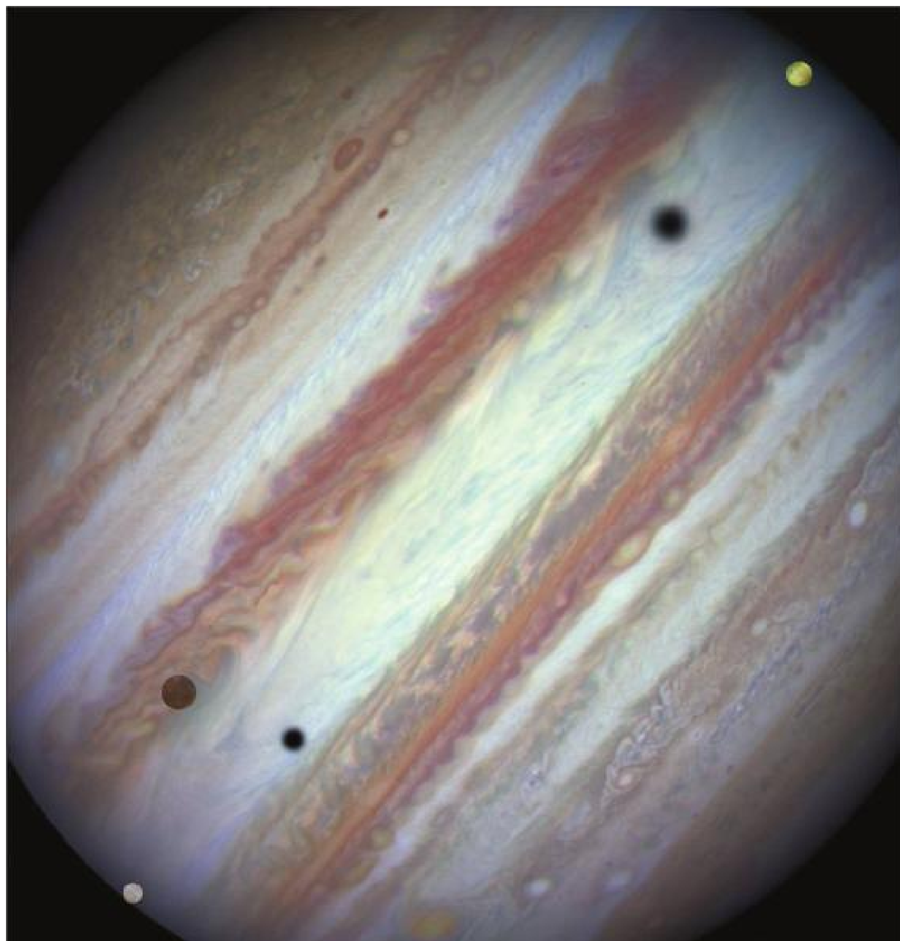




撞击伤痕

2009年7月23日—9月23日

不只是月球上才有布满撞击的伤痕，上图是木星在2009年被撞击时出现的图像。特写图像显示出木星的风在使撞击痕迹缩小。



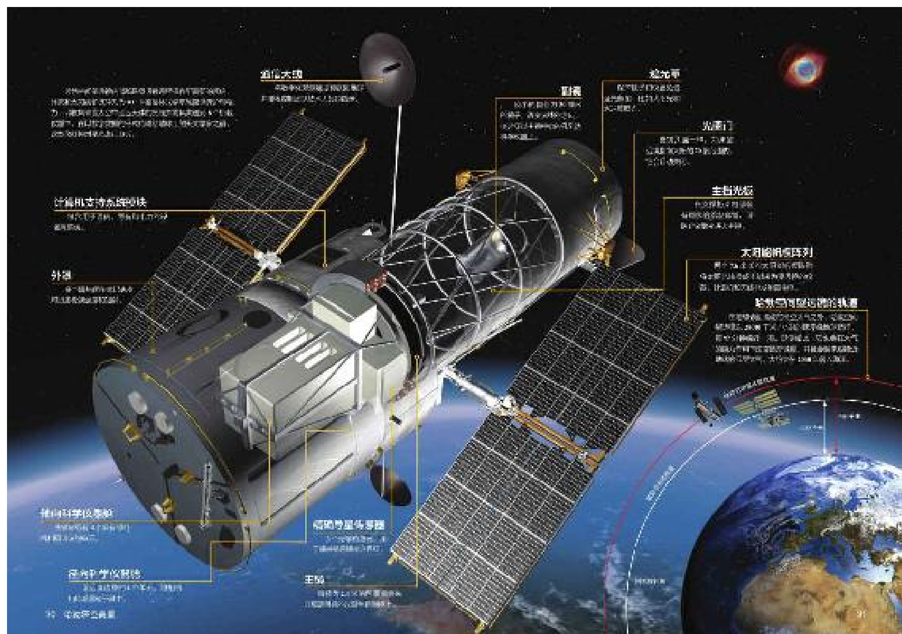
伽利略卫星列队

2015年1月24日

木星的3颗卫星在穿过漩涡云层时和它们的影子一起被拍摄下来。木卫二位于左下方，木卫四位于上方，而木卫一则靠近气态巨行星的另一侧。

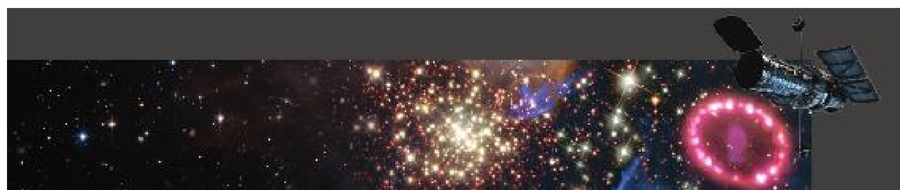
空间望远镜剖析

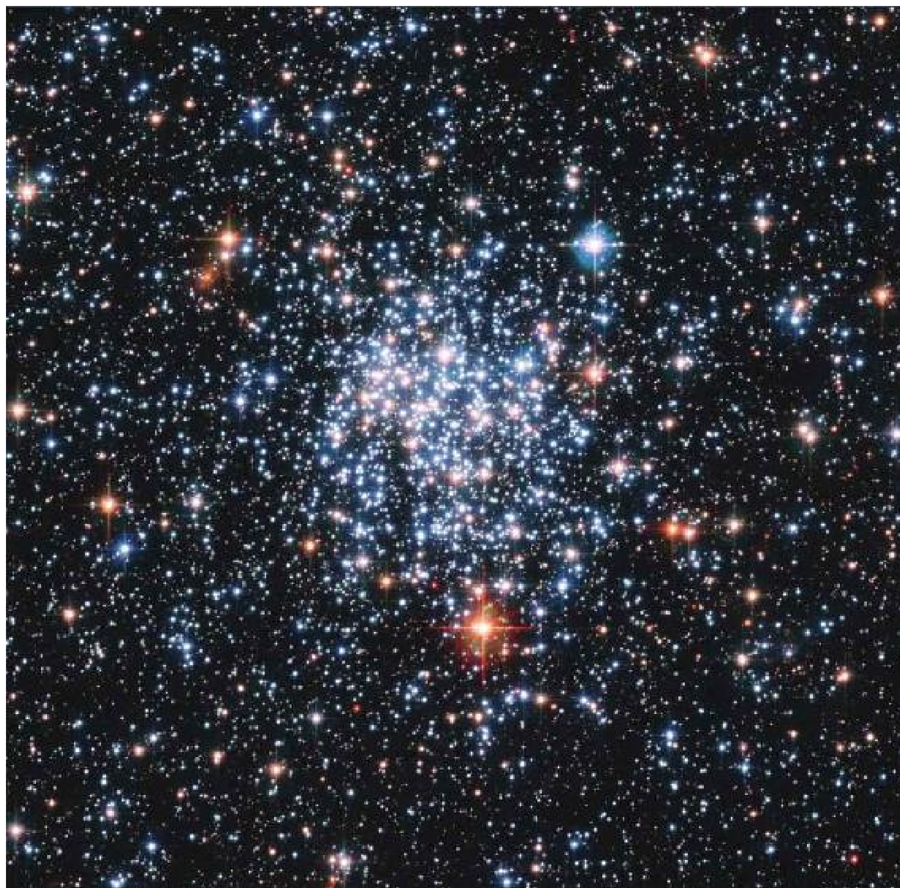
哈勃空间望远镜内部都是望远镜远程操作所需要的系统。外壳和太阳能帆板阵列为RC卡塞格林光学系统提供保护和电力，以收集来自太空中遥远天体的光线并将其发送到6个机载仪器中。在以数字数据的形式传输给地球上的天文学家之前，这些仪器将对星光进行分析。


通信天线
副镜
遮光罩
光圈门
计算机支持系统模块
太阳能电池阵列
哈勃空间望远镜的轨道
精细导星传感器
主镜

恒星

哈勃空间望远镜在过去1/4多世纪里对恒星的观测，彻底改变了天文学家对恒星生命周期各个阶段的理解，从在过热的尘埃和气体云中诞生的那一刻开始，到这些巨大的天体在被称为超新星的毁灭性爆发中死去。由于哈勃空间望远镜的使用寿命很长，因此它能够观测恒星演化的每一个阶段。恒星和哈勃空间望远镜一起成长和发展，为我们提供了关于恒星演化的重要信息，这其中不仅是那些我们星系里的恒星，还包括邻近星系里的恒星。

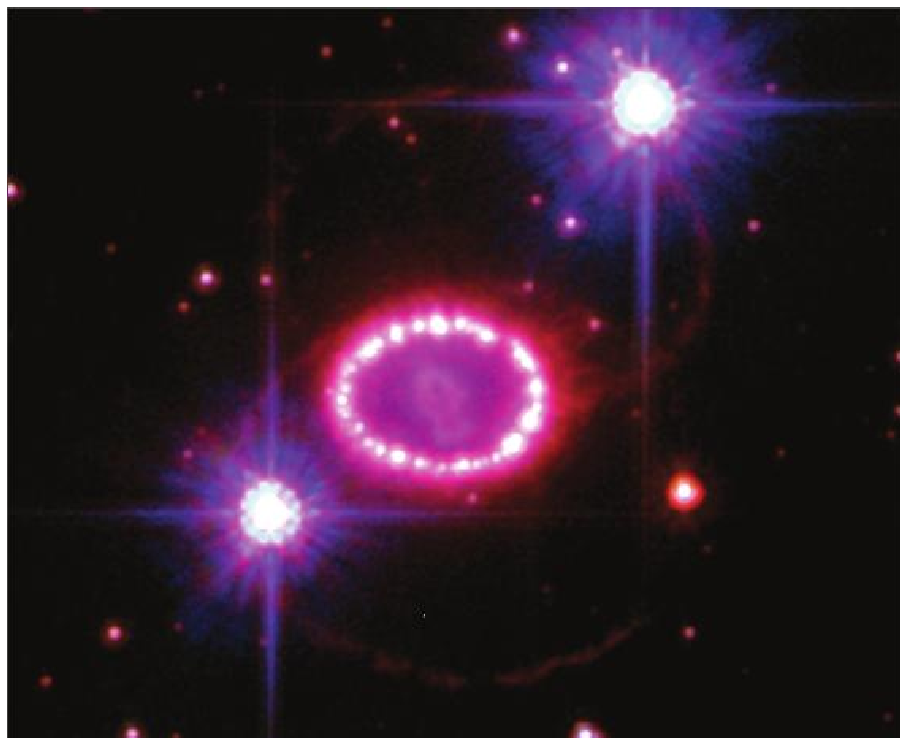




麦哲伦云中的宝石

2004年11月8日

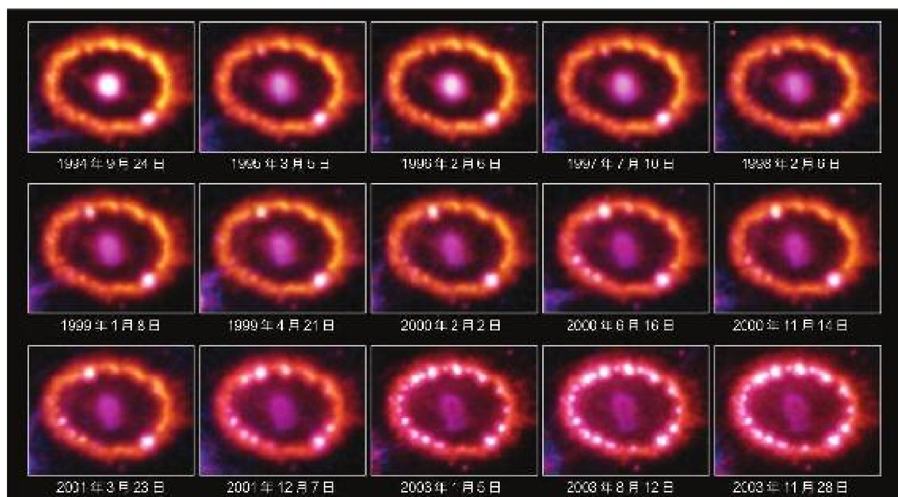
这个被称为NGC 265的疏散星团距离我们20万光年，它位于我们星系最近的邻居之一——小麦哲伦云中。星团中璀璨的恒星证明了哈勃空间望远镜即使在如此遥远的距离上也能清晰地捕捉到天体的图像。



爆发的恒星

2006年12月6日

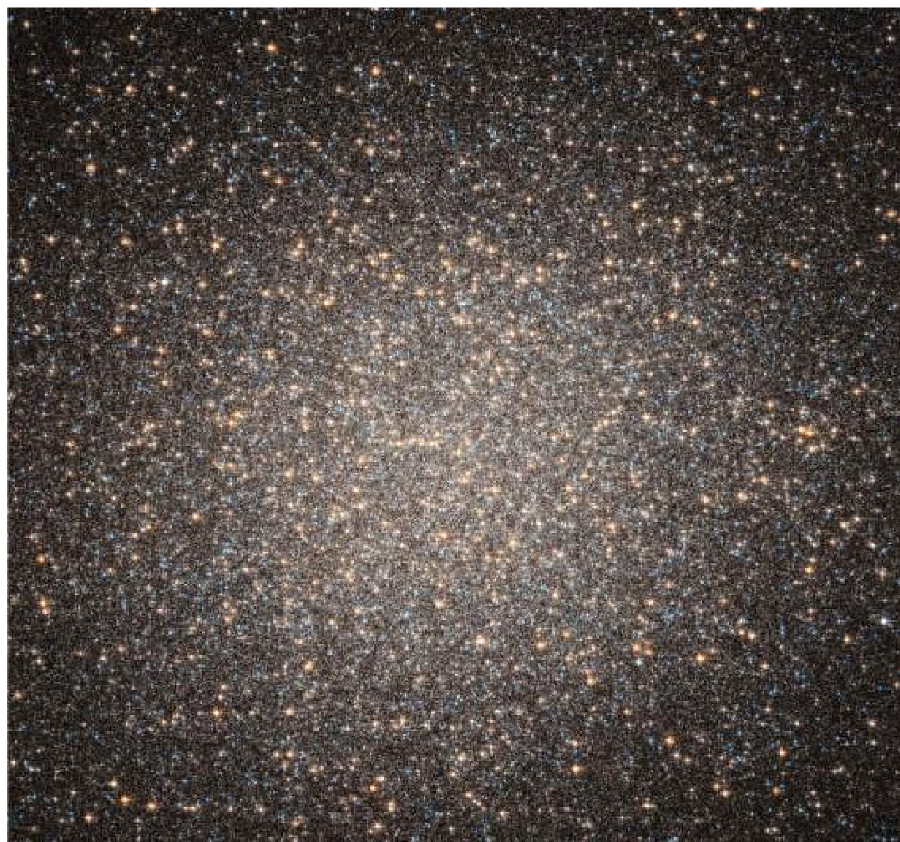
这里拍摄的是SN　1987A，这是一颗恒星在超新星爆发中死亡后所剩下的全部。巨大爆发产生的冲击碰撞着周围一圈一光年宽的环状残骸，即图中粉红色的部分。



传播中的激波

1994年9月24日—2003年11月28日

自发射以来，哈勃空间望远镜一直在绘制SN 1987A的演化图，这给了天文学家一个独特的机会来研究正在形成的激波以及它中心的恒星残骸。



恒星之城

2002年6月27—30日

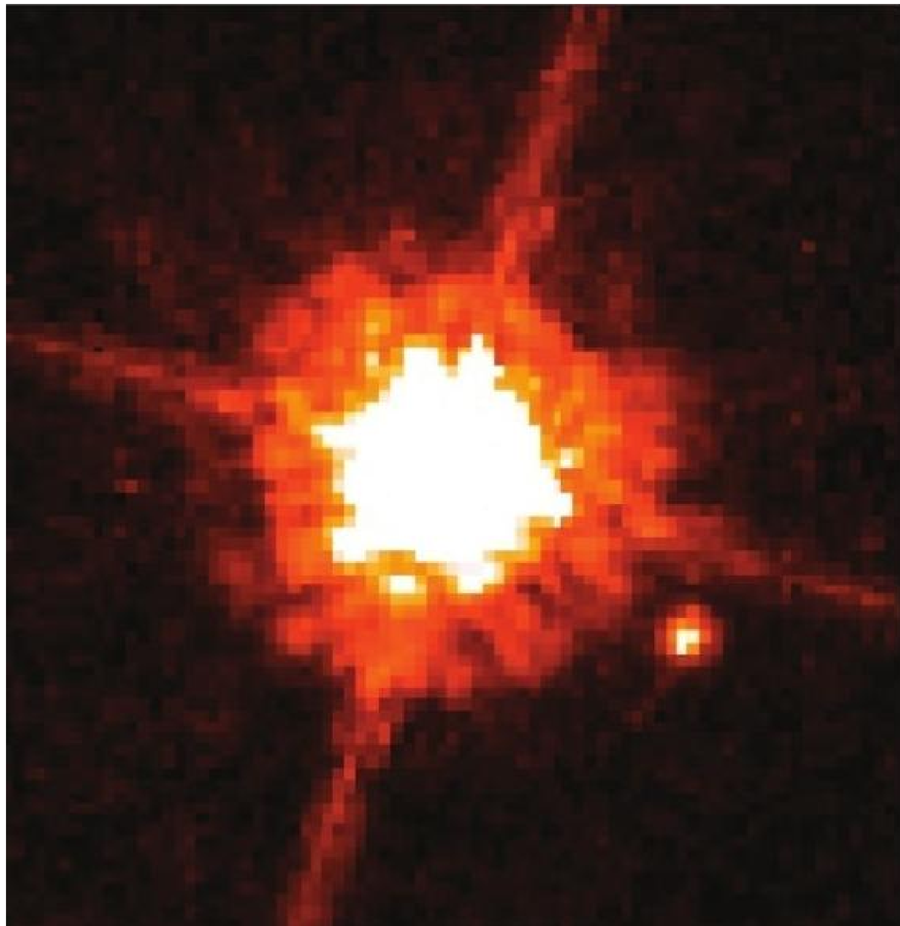
半人马座欧米茄球状星团的核心闪烁着200万颗恒星的光芒，但这只是整个星团中1000万颗恒星的一小部分。它是银河系中体积最大、质量最大的球状星团。



远古之光

2001年1—4月

通过对另一个球状星团M4的研究，哈勃空间望远镜发现它是宇宙中一些最古老的恒星（白矮星）的家，这些白矮星大约有120亿～130亿年的历史。



矮星伴侣

2005年2月10日、15日

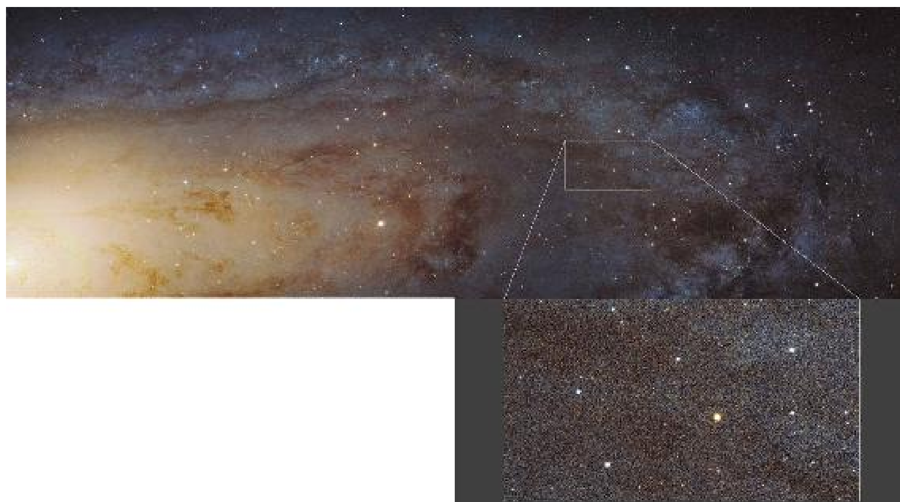
图像中央的红矮星有一个更小更暗的伴星，一颗褐矮星。很难相信这颗伴星的大小是木星的12倍，而木星是太阳系中最大的行星。



恒星诞生地

2009年10月27—30日

通过红外波段，我们可以看到剑鱼座30号星云中新形成的恒星的数量。这个恒星形成区位于大麦哲伦云，它是我们银河系的一个卫星星系。



星系邻居

2010年7月—2013年10月

在这张横跨4.8万光年的仙女星系M31的全景图中，有超过1亿颗恒星。其中被放大的区域表明，哈勃空间望远镜已经足够强大，能够分辨出距离地球250万光年的星系中的单颗恒星。这两幅图中较大、较亮的恒星都是我们银河系中的前景天体。

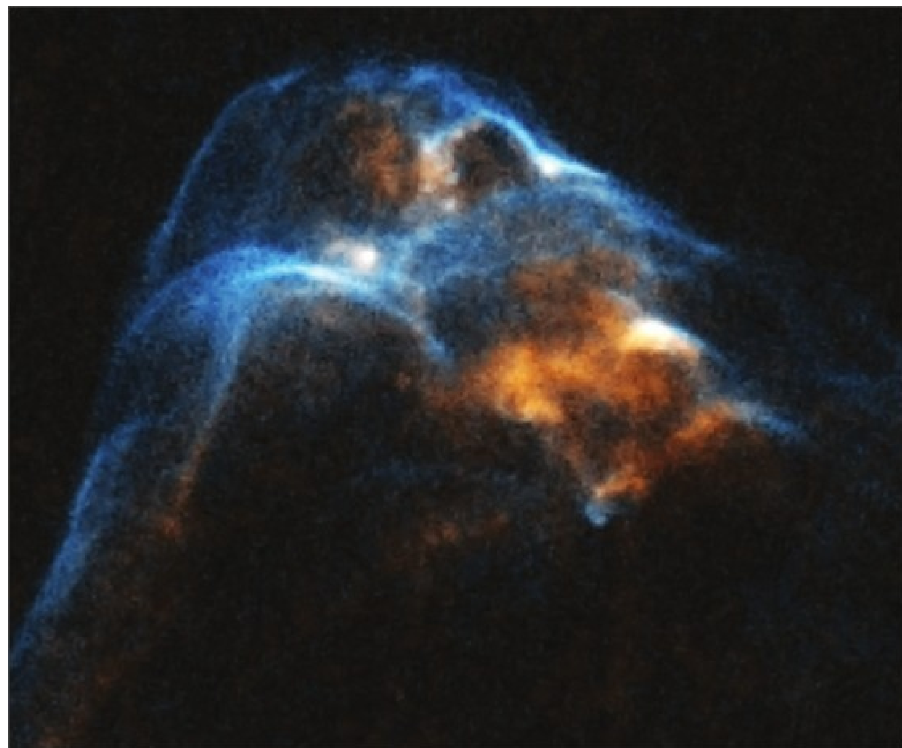


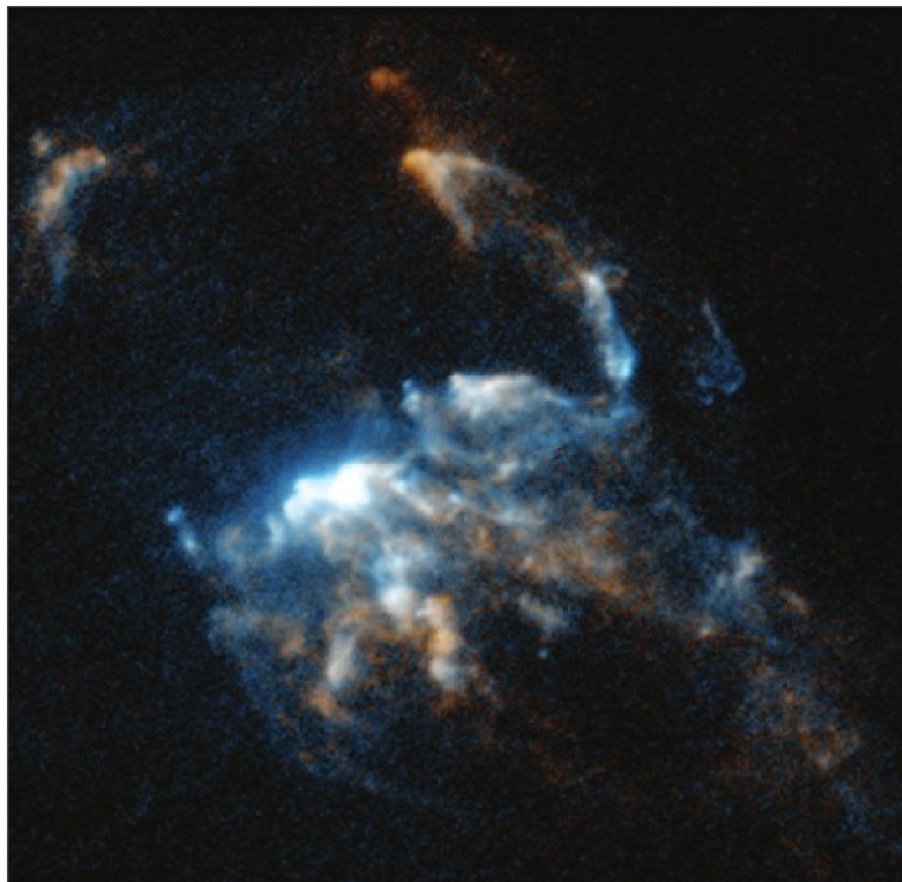
闪亮登场

2009年8月和12月

图中央包含有璀璨恒星的星团名为NGC 3603，距离地球2万光年。强烈的紫外辐射从这些巨大的天体喷涌而出，将周围的气体尘埃云吹出一个巨大的空洞，从而为这个令人印象深刻的星团中心提供了清晰的视野。







弓形激波

1994年3月—2007年8月

上图中，3颗赫比格-阿罗天体中的气体和尘埃团发出蓝色和橙色的光，它们是年轻恒星的急速喷流撞上缓慢移动的气体而发生的效应，并随着物质被加热而产生了弓形激波。这些天体距离地球约1350光年，上面的那颗位于船帆座，下面的两颗位于猎户大星云附近。

维修哈勃空间望远镜

如果不是因为修复任务，哈勃空间望远镜就是一个失败的作品。皮尔斯 ·毕卓尼讲述了维修空间望远镜的工作人员的故事



1999年12月，哈勃空间望远镜完成了第三次修复任务，更换了陀螺仪，使其能够精确地校准自身的姿态

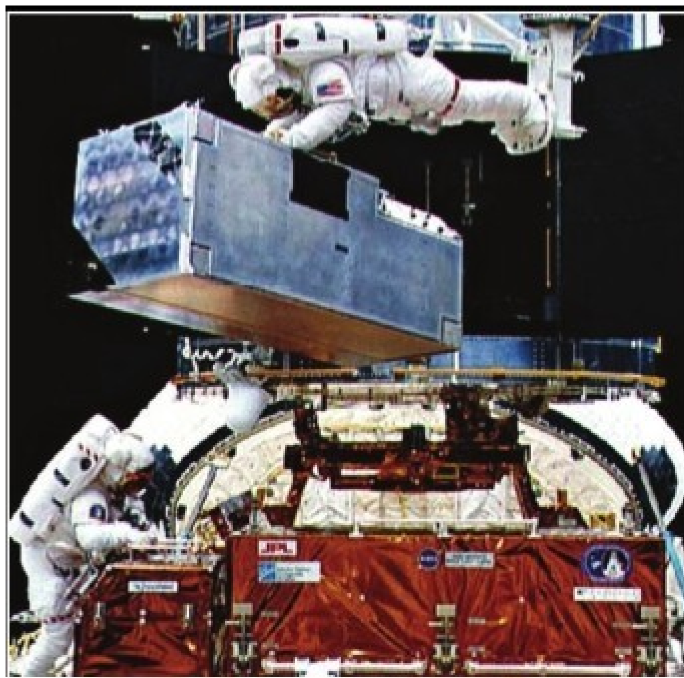
1990年4月24日，哈勃空间望远镜在发现号航天器上发射升空，第二天就进入了它自己的轨道。但是，尽管进行了十多年的准备工作，哈勃空间望远镜的首次操作却是惨败结局。这台价值15亿美元的仪器被认为能提供有史以来最清晰的深空视野，但其图像却模糊不清。原来，哈勃空间望远镜的主镜边缘被多磨了4微米的厚度，也就是人类头发粗细

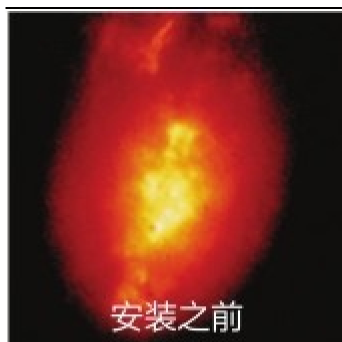
的1/50。

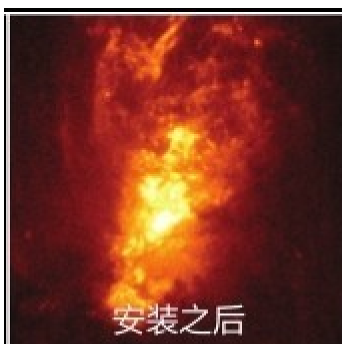
幸运的是，哈勃空间望远镜被设计为可由航天器机组人员定期维修的，NASA为这个畸形的主镜想出了一个巧妙的修复方案。它是望远镜目镜一端的一个装置，那里是主镜收集的光线应该聚焦在探测器阵列和传感器上的位置，这个装置被称为光学空间望远镜轴向置换矫正系统（COSTAR）。它的支撑硬件大约有一个老式的英国红色电话亭那么大，但里面的组件是微小的矫正镜，每一个都比一个10便士的硬币小，并且安装在可调节的精密臂上。

哈勃空间望远镜需要戴眼镜

1993年12月2日，奋进号航天器搭载着一组救援人员升空。哈勃空间望远镜被拉进了奋进号的货舱，宇航员斯托里·马斯格（雷夫）、杰弗里·霍夫曼、托马斯·阿克斯和凯瑟琳·桑顿可以在那里修复它。他们安装了一套改进的太阳能电池阵列，并在35小时的太空行走期间安装了COSTAR和其他设备。







哈勃空间望远镜在1993年安装了COSTAR，修正了主镜上的缺陷，将望远镜能够捕捉到的图像聚焦到焦点上。

COSTAR起效了。哈勃空间望远镜最初几周的不稳定状态很快就被人们遗忘了，它成为历史上最受欢迎的科学仪器。令人眼花缭乱的恒星温床和遥远星系的图像给天文学家和宇宙学家带来了新的见解，改变了公众对宇宙的理解。

发现号执行了第二次修复任务，STS-82于1997年2月11日升空。新仪器将哈勃空间望远镜的灵敏范围扩展到光谱的近红外区域，使我们能够看到星际尘埃云后面的东西，这些尘埃云往往会掩盖掉红外波段以外的其他波长。在哈勃空间望远镜的陀螺仪出现故障后（如果没有它们，望远镜就无法稳定地对准观测目标），1999年12月，发现号搭载了第三个维修小组升空。

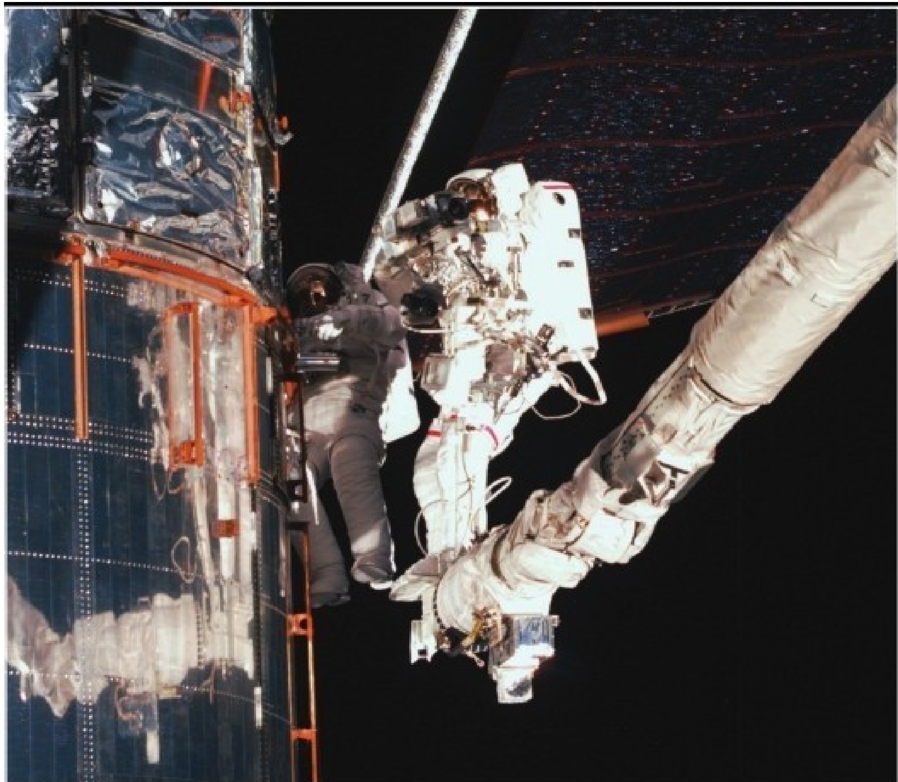
哥伦比亚号于2002年3月1日被派遣进行了第四次维修。在那次任务结束后，哈勃空间望远镜的状态还算不错，但NASA在其他方面出了问题。11个月后，即2003年2月1日，哥伦比亚号在重返大气层时解体，在此之前，它刚完成了一项完美的微重力科学任务的最终阶段。NASA失去了宇航员们。

值得冒的风险

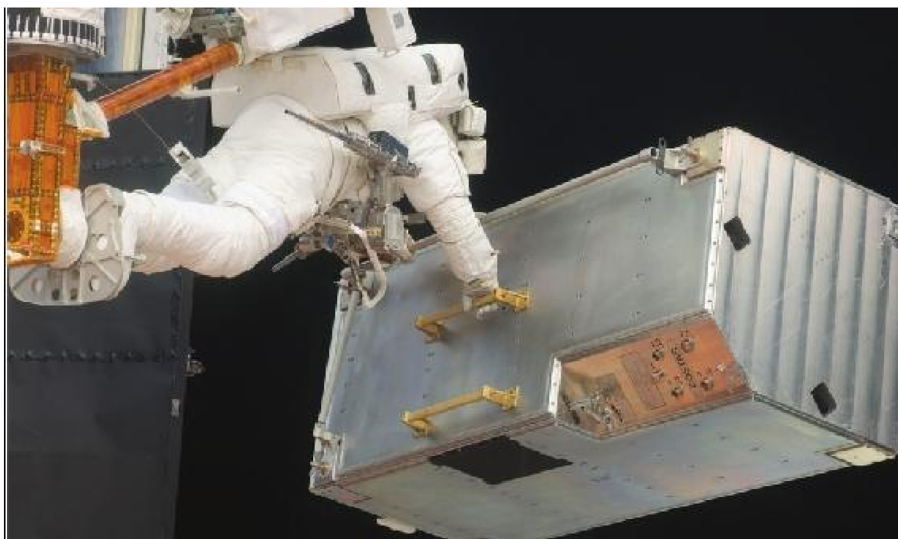
新的安全规则规定，除非在紧急情况下能够到达国际空间站，否则任何航天器都不能发射。由于哈勃空间望远镜在距地球568千米的轨道上运行，而空间站在距地球约400千米的轨道上飞行，因此轨道的不匹配无法调和。当最终的修复任务被取消时，哈勃空间望远镜看起来可能会被遗弃。

但令人难以置信的事情发生了：公众舆论认为，如果NASA打算拿宇航员的生命冒险，那么它应该为了一些显然值得做的事情而这么做，比如维护哈勃空间望远镜。国际科学界也有同感。作为回应，2004年5月11日，NASA发射亚特兰蒂斯号以完成最后一次修复任务，而奋进号则在另一个发射台上准备就绪，以备救援之用。

亚特兰蒂斯号执行了最后一次任务。在这一阶段，哈勃空间望远镜的升级仪器自身加入了光学校正系统，因此COSTAR被移除，被新的光谱仪器所取代。最后，在哈勃空间望远镜的基台上安装了一个抓钩，等待着有一天，一个小型机器人拖船会过来推着哈勃空间望远镜返回家园，以便安全处理，并举行一场隆重的告别。在将来的某个时刻，当这一切发生的时候，世界肯定会对哈勃空间望远镜所取得的一切表示感谢。



1997年的第二次修复任务帮助哈勃空间望远镜能够看透尘埃云



2009年，COSTAR被移除，为宇宙起源光谱仪让路

关于作者



皮尔斯·毕卓尼是记者兼作家，专攻天文学和太空，他的新书《新太空前沿》于2014年11月出版。

宇航员视角

成为维护空间望远镜的宇航员团队的一员是什么感觉？

当我们观看宇航员与哈勃空间望远镜一起工作的存档视频时，一切都显得如此平静和有序，而事实却完全不同。1993年参与第一次救援任务的资深宇航员凯西·桑顿把修复工作描述为“……就像戴着棒球手套试图调整卡车上的汽化器。在电视上看起来很轻松，但真的很累。”

桑顿的同事杰弗里 ·霍夫曼指出，虽然哈勃空间望远镜的设计初衷是由宇航员提供维护，但却出现了许多意想不到的问题。

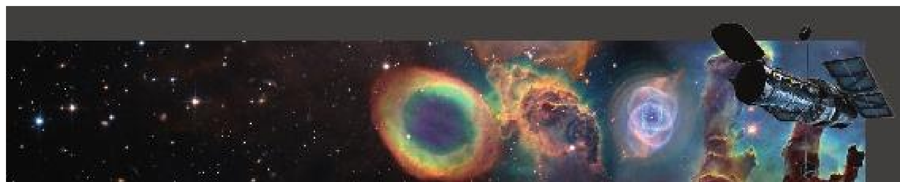


奥恩·格伦斯菲尔德（左）和德鲁·费尔韦尔在2009年开始最后的维修工作。

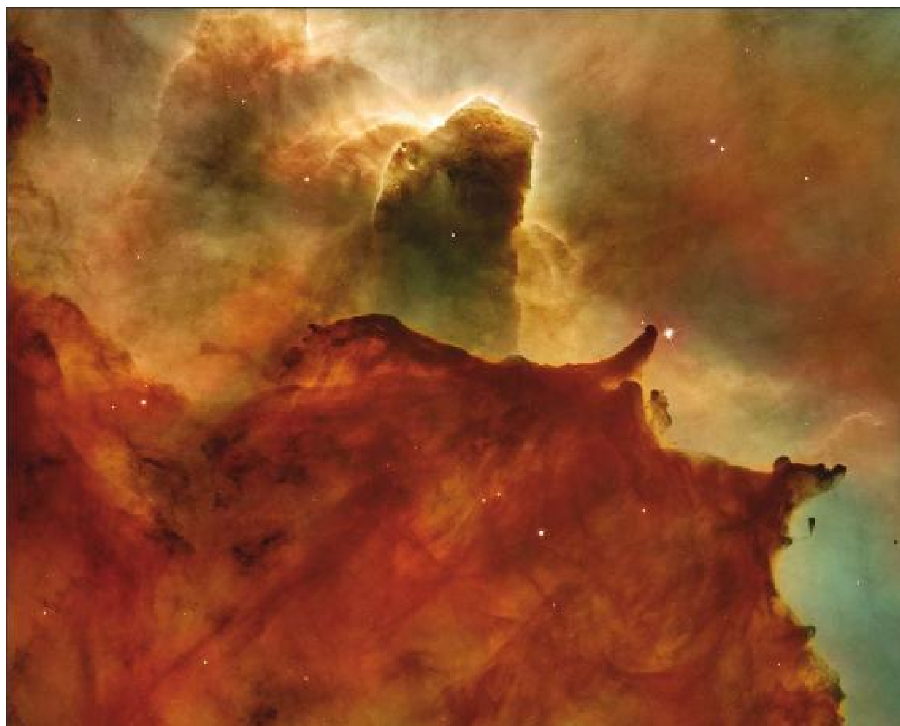
例如，有一次一个陀螺仪系统的检修门被发现变形了。霍夫曼说："这是人们从未想到过的事情，我们也从未为此训练过。人们总是认为这扇门能被打开，但它却没有关上。"

宇航员们与任务控制人员合作，解决了这个问题。哈勃空间望远镜项目说明了在太空中，在人类和机器之间，选择并不总是简单明了，成功的任务往往两者都需要。

星云



哈勃空间望远镜拍摄的星云图像也许是这个空间望远镜拍摄的所有图片中最不朽、最美丽的。虽然被拍摄的星云仅仅是由冷尘埃和气体组成的云团，但和辐射的相互作用使这些星云能发出多种波长的光，当把这些光转换为可见光谱时，就会呈现出极其诱人的色彩。行星状星云的雕塑感和跨越光年的反射星云的彻底浪漫主义，正好和这些观测的科学价值相匹配，这让我们对恒星诞生和最终死亡的过程有了更深入的了解。

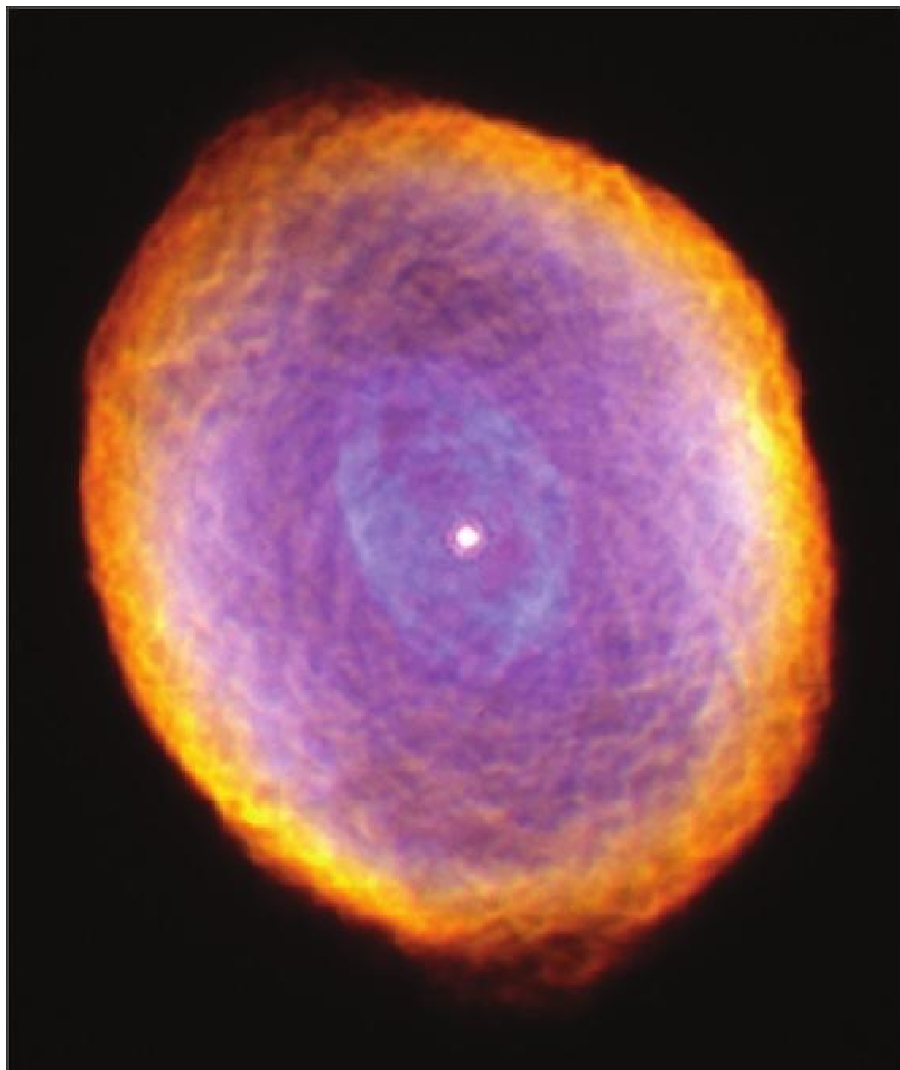




幽灵般的影子

2000年1月21日

在位于猎户座的一个反射星云朦胧光线的映衬下，由不透明气体和尘埃组成的“博克球状体”投影在孕育中的恒星系统周围。星云被另一颗年轻恒星散射出的光芒照亮—在球状体的左边可以看到炽热的白色恒星猎户座V380。



太空呼吸描记器

1999年2月和9月

错综复杂的气体网络在万花尺星云IC　418的发光气泡上描绘出几何图案。这个行星状星云是一颗红巨星的外包层，红巨星现在已经演化为一颗白矮星，它位于离我们约2000光年的天兔座中。



恒星诞生的大锅

2005年3—7月

富含尘埃的树干状气柱从船底星云（NGC　　3372）的云层中冒出来。船底星云是我们星系中最大、最令人印象深刻的恒星诞生区之一。这些气柱标志着新恒星诞生时物质的聚集。



盛开的星云

2004年10月—2005年4月

这是猎户座星云M42的图片，呈现出3000多颗恒星，其中许多颗是最近才在天空中最明亮的造星星云中诞生的。图片下半部分的暗红色恒星是褐矮星，这是首次在可见光波段看到它。



起步翱翔

2004年11月4—7日

在激发态的氧（蓝色）和氢（红色）的衬托下，这个在鹰状星云M16中形成恒星的气体和尘埃柱似乎正在长出翅膀。图中最暗的长结有9.5光年长，那里是新恒星诞生的地方。



星尘风光

2006年3月和2008年7月

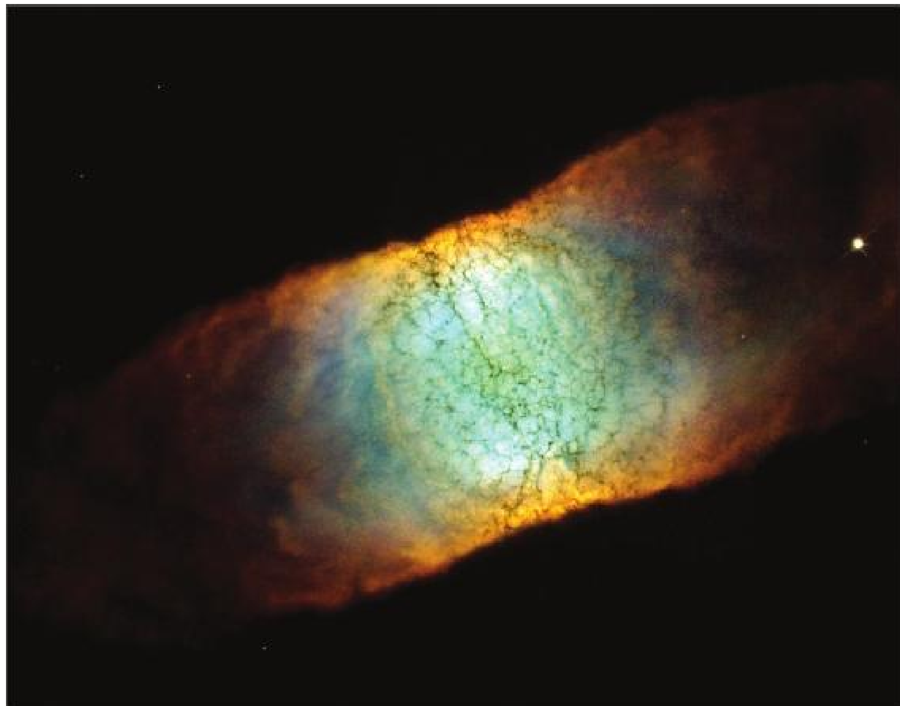
在哈勃遗产项目提供的这张图片中，其色彩不禁让人想起地球上的风景，在图片的下半部分，连绵起伏的尘埃气体云跨越了13光年的空间。它们位于NGC 3324，巨大的船底星云复合体的一个边缘区域。



恒星残骸

1998年11月14日，1999年4月27日，以及2000年7月14日

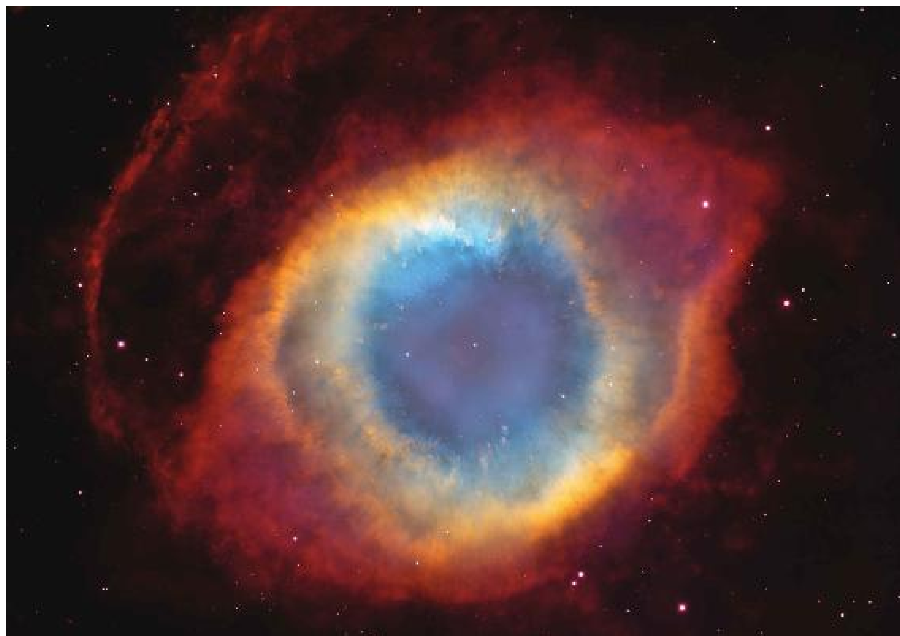
大麦哲伦云中的这些像撕碎了的面纱一样的气体是超新星爆发的遗迹，爆发以惊人的速度将一颗大质量恒星的外层炸向周围的太空。在爆发5000年后，这个被称为LMC N49的超新星遗迹已经增长到90光年宽。



太空甜甜圈

2001年6月28日和2002年1月19日

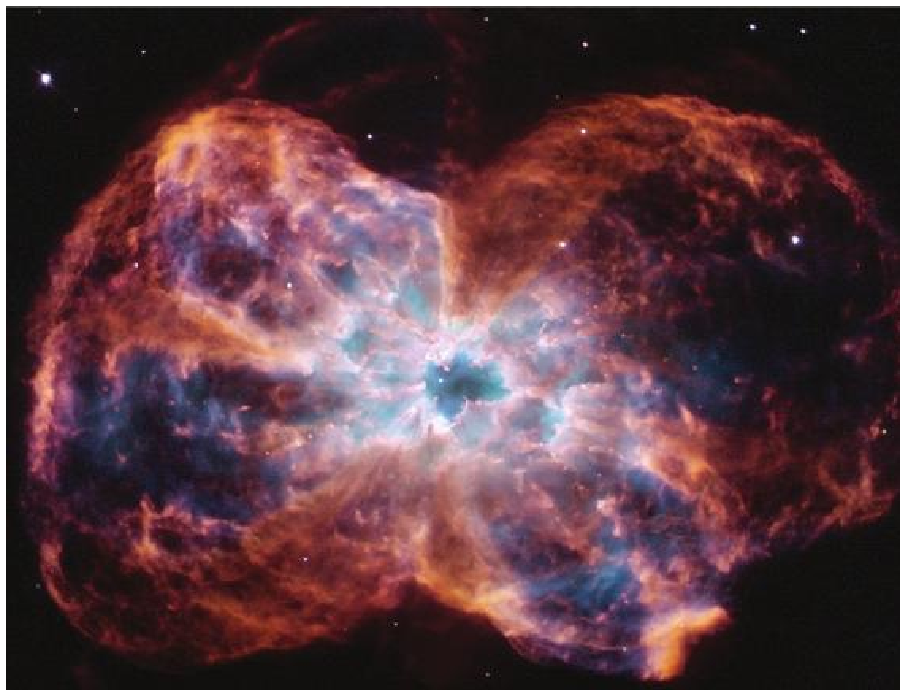
这张位于天兔座的行星状星云IC 4406的图像色彩斑斓，呈现出错综复杂的细节，这就是为什么它被称为“视网膜”的原因。实际上，这只宇宙之眼是由于环状的膨胀气体环绕着一颗濒死的恒星而形成的，在地球上我们恰巧看到的是它的侧向。



缠结螺旋

2002年11月19日

这张令人惊叹的图片是位于宝瓶座的螺旋星云NGC 7293，图像结合了哈勃空间望远镜用于巡天的先进照相机和智利CTIO的Mosaic II照相机拍摄的照片。尽管该星云看起来像平坦的环状星云，但这个行星状星云实际上有着复杂的三维结构，由两个重叠的气体盘组成，它们几乎相互垂直地从中心恒星喷射出来。



垂死的恒星

2007年2月6日

船尾座中的双叶行星状星云NGC　2440，位于大约3600光年之外。星云被其内部一颗已知的最炽热的白矮星所照亮——这是一颗曾经的类太阳恒星燃尽的核心，它的表面温度仍然超过20万摄氏度。



宇宙烟圈

2006年10月28日和2010年11月4日

大麦哲伦云中这个精致的气泡是巨大恒星爆发后的残骸。这个被称为SNR0509-67.5的气泡，是大约400年前南半球的天文观测者观测到的超新星爆发的残骸。



红色马头

2012年10月22日—11月7日

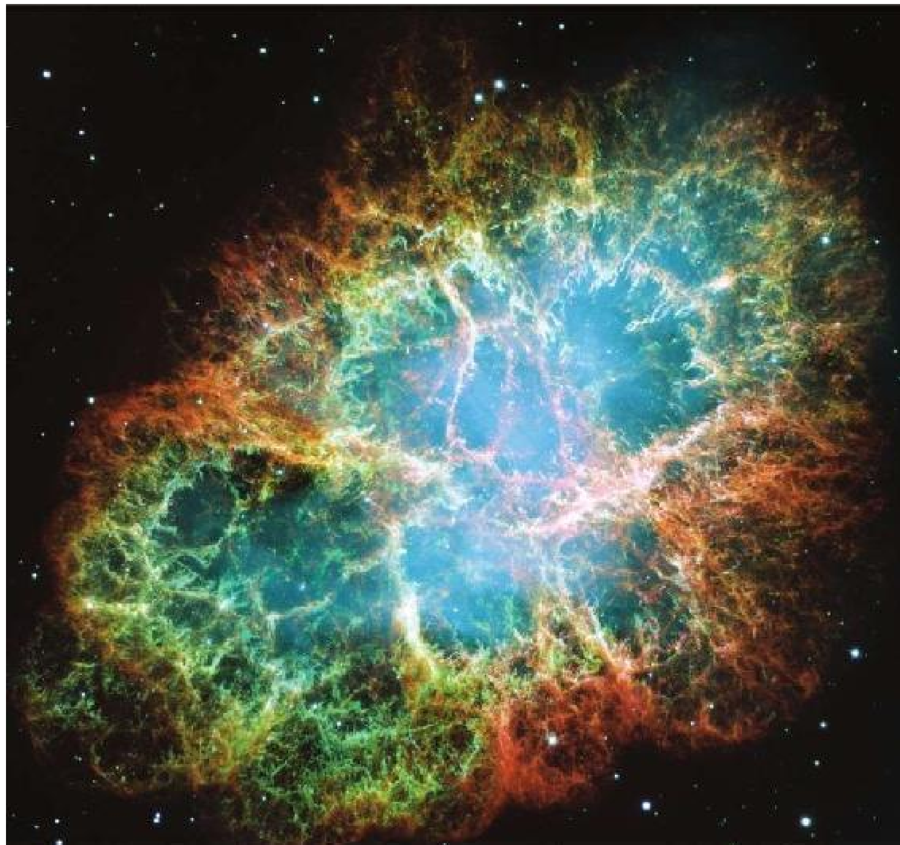
哈勃空间望远镜利用其宽视场相机3上的红外探测器捕捉到了马头星云的这一景象。它通常被认为是背景星云前叠加的暗黑尘埃云，红外波段揭示了翻腾的正在形成恒星的气体云，其中混杂着尘埃。



神秘山脉

2010年2月至3月

这张船底座星云的圆锥形恒星形成柱是为了纪念哈勃空间望远镜诞生20周年而拍摄的。柱状物顶端那对儿像灯塔一样的光束是赫比格-阿罗天体——一颗正在快速成长的新生恒星从两极喷出的气体流。



著名的残骸

1999年10月，2000年1月和12月

公元1054年，天文学家在金牛座发现了一颗灿烂夺目的新星——即我们现在所知的超新星1054。由24张哈勃空间望远镜拍摄的图像合成了这幅爆发后的拼接图——著名的蟹状星云。



宇宙锁眼

1999年4月18日

这张船底座星云的全景图被黑暗的尘埃云所主导——这是锁眼星云区域的一部分。星云左侧的辉光来自图外刚诞生的恒星发出的紫外辐射所激发的伴生气体。



蝴蝶浮现

2009年7月27日

在大约3800光年之外的天蝎座，速度为1000多千米/小时的气体云从垂死的恒星中逃逸出来，形成了壮观的行星状星云NGC　6302。星云的蝶状形状是由围绕其中心恒星的致密尘埃气体环所形成，同时将逃逸出来的气体挤压成双瓣形。



沙暴前线

1999年5月29—30日

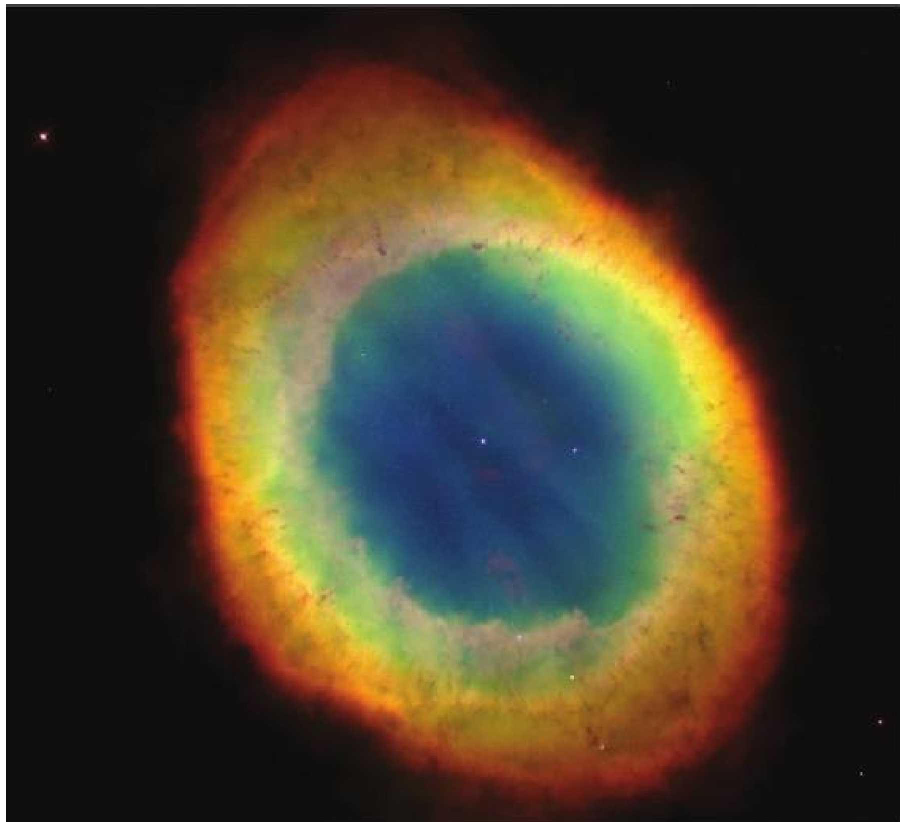
在人马座，炽热的气体云和尘埃形成了天鹅或欧米茄星云（梅西叶17号天体）的一段边缘。伪彩色表示了硫（红色）、氧（蓝色）和热氢（绿色）的存在。这片星云被图片左上方恒星发出的紫外线辐射所激发。



太空回声

2004年10月23日

2002年初，天文学家监测到一颗名为V838的大质量恒星发出耀眼光芒，这颗恒星距离地球2万光年。造成这次喷发的确切原因尚不清楚，但在接下来的几年里，哈勃空间望远镜追踪到了光线从气体云反射而产生的“回声”。



环的变幻

1998年10月16日

这幅图片为天琴座环状星云M57投下了新的光芒。天文学家曾经认为它是一个球形气泡，无论从什么方向看起来都是环状，但哈勃空间望远镜的新观测揭示了我们实际上看到的是一个圆柱形星云的一端。



曲美

2002年5月4日

猫眼星云 NGC 6543 的“瞳孔”是一个在系列同心环内扭结的气泡系统。这些环被认为是由间隔1500年的多次喷发形成的，而内部的扭曲结构则是在过去的1000年里形成的。



隐藏的宝藏

2010年3月31日—4月29日

新生恒星星团NGC 602，坐落在小麦哲伦云的洞穴状星云中。来自这些恒星的辐射正在缓慢蒸发这个天体洞穴的墙壁并将其向后推，从而露出钟乳石状的柱子，柱子中不断孕育着新的恒星。



跨越船底座

2005年3月和7月

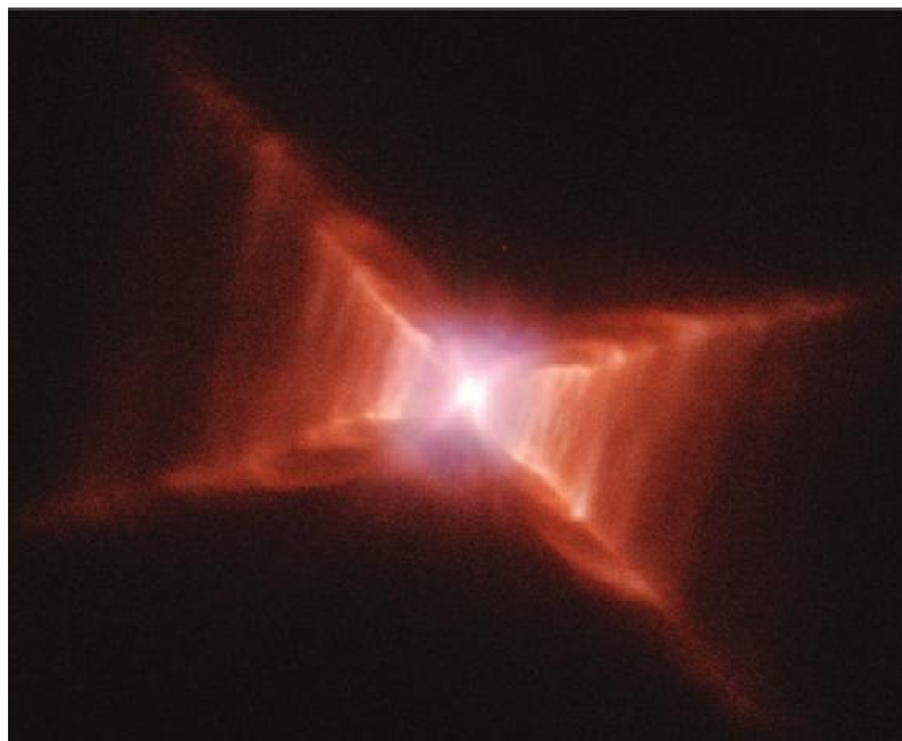
哈勃空间望远镜用于巡天的高端照相机拍摄的48幅图像与CTIO望远镜拍摄的图像相结合，构成了船底座星云的全景拼接图。最左边的亮星是船底座海山二星，它是一颗不稳定的超大质量双星，即将发生超新星爆发。



天堂里的天使

2011年2月12—13日

Sharpless 2-106是位于天鹅座的一个行星状星云，距地球约2000光年。当它延展的气瓣充满了来自隐藏在中心的恒星的辐射时，激发和反射的共同作用照亮了行星状星云的“天使之翼”。



红色矩形

1999年3月17日

麒麟座行星状星云HD 44179奇特的阶梯状几何形状是由独一无二的巧合创造出来的。中心的恒星将其外层喷出，形成一系列的圆锥形气泡，这样的喷发每隔几个世纪就会发生一次。从侧面看去，这些气泡围绕着中心明亮的“X”构造出一个类似阶梯的结构。



风暴突现

2009年7月

2009年，哈勃空间望远镜测试了新安装的宽视场相机3（WFC3），拍摄了包括船底星云在内的目标，这幅图聚焦了由正在形成恒星的气体和尘埃组成的滚滚云柱。WFC3的观测能力覆盖了从紫外到红外波段，从而揭示了隐藏在星云深处的新生恒星的暗红色光芒。



蜘蛛之心

2011年10月

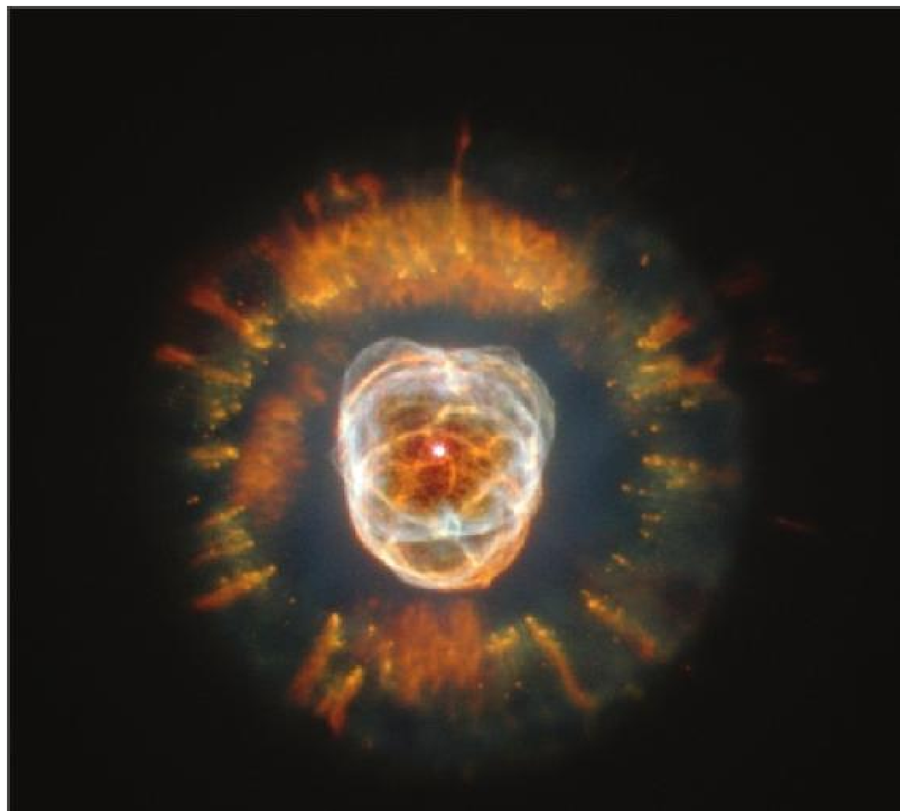
大麦哲伦云中的蜘蛛星云是邻近宇宙中最大的恒星形成区，也是迄今为止发现的质量最大的恒星的所在地。这张由哈勃空间望远镜拍摄的星云中央空腔的照片揭示了在强烈辐射和强大星风的共同作用下，在其气体和尘埃中产生了湍流和激波。



凝结的血块

2005年10月31日

这张IC1590星团的图片显示了隐藏在恒星之间的黑色团块——被称为博克球状体的由不透明尘埃和气体组成的孤立致密团簇。在它们的内部，新的恒星和行星系统正在形成，背景是来自 NGC 281的血红色气体。



太空脸

2000年1月10—11日

在这张美丽的图片中，位于双子座的著名的爱斯基摩星云NGC 2392看起来就像一张从毛皮衬里的皮大衣中向外张望的脸。形成“毛皮”的彗星状条纹是由膨胀的气泡追上移动较慢、密度较大的物质而产生的，中央的“脸”则是由一系列重叠的气瓣形成的。





哈勃空间望远镜最伟大的图像及其重制版

1995年4月（下图）和2014年9月

1995年，哈勃空间望远镜拍摄的最为著名的图像揭示了梅西叶16号天体鹰状星云内部所谓的“创造之柱”，第一次揭示了新生的恒星是如何在这些黑暗的尘埃柱上产生的。2014年，科学家们用更加先进的WFC3照相机重新拍摄了这些尘埃柱，比以往任何时候都更详细地展示了这一壮观的景象——这张照片是为了纪念哈勃空间望远镜25周年而发布的。

空间成像的艺术

正如罗伯　·巴尼诺所发现的那样，将哈勃空间望远镜的数据转换成我们都知道的图像需要大量艰苦的工作。



宏伟壮丽的天文景观吸引了许多人去关注天文学。的确，令人窒息的美景在等待着仰望夜空的人，但在自然状态下，人类的眼睛却没有足够的能力去充分欣赏宇宙的风景。无论纯粹是因为距离太过遥远，还是可见光只占电磁光谱的一小部分，宇宙中仍然隐藏着惊人数量的美景。

最大、最先进的望远镜，比如哈勃空间望远镜，能让我们克服这些障碍，但它实际上并没有向我们展示这些存在于天空中的壮观天体。它只是我们探测那些天体的手段。虽然观测的是接收到光线——包括可见光和不可见光，但这些观测结果最终却以数据的形式呈现在我们的面前。这些数据必须转化为我们眼睛能够识别的东西。

确切地说，如何进行这一转化其过程是多样的，不同的观测对象或使用不同的望远镜来进行观测，转化方法都不同。当今，虽然可见光观测不再是专业天文学家研究宇宙的主要手段，然而，每一幅图像仍然包含千言万语。在这里，来自空间望远镜科学研究所的天文学家将为我们解释哈勃空间望远镜的数据是如何变成我们所钟爱的图像的。

关于作者



罗伯 · 巴尼诺在过去12年里一直担任记者和编辑。他还曾在BBC《仰望夜空》杂志的科学姊妹杂志《BBC焦点》工作。

如何处理哈勃空间望远镜的图像



佐尔坦 · 李维是空间望远镜科学研究所成像小组的负责人

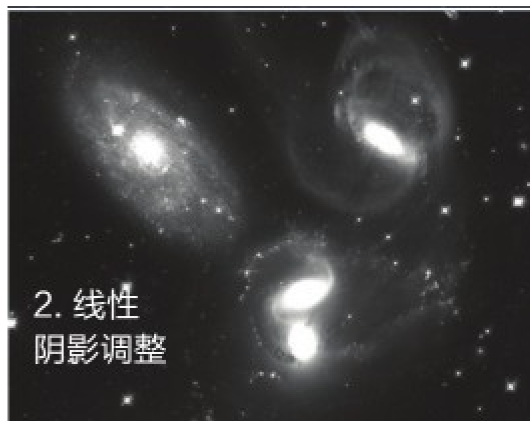
“我们从哈勃空间望远镜的档案数据来开始讲解，这些数据也是天文学家用于分析的数据。这些数据已经经过定标、几何校正、合并、拼接和记录。（哈勃空间望远镜的）相机只能生成单色图像，除了知道使用了相机里的哪种滤镜之外，它们都不包含任何颜色信息。来自不同滤镜的多个图像可以用来重建彩色图像。这适用于几乎所有的图像数据，无论是可见光的还是不可见光。我们用眼睛能看到哪种程度的内容取决于

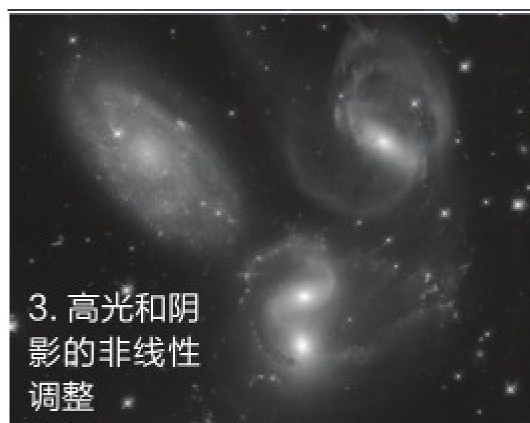
观测的天体和成像设备。”

第1步

通常会使用不同的方法来调整每一幅图像的亮度。在这里，图像1的调整保留了高光部分的细节，但牺牲了较暗区域（阴影）的细节。图像2的调整显示了阴影中的细节，但牺牲了高光部分的细节。图像3的调整保留了高光和阴影，并且自始至终保持了色调的范围。这一切都是通过专门的软件完成的，这些软件可以识别天文数据的格式（FITS），然后再将其转换成更标准的格式（TIFF）。

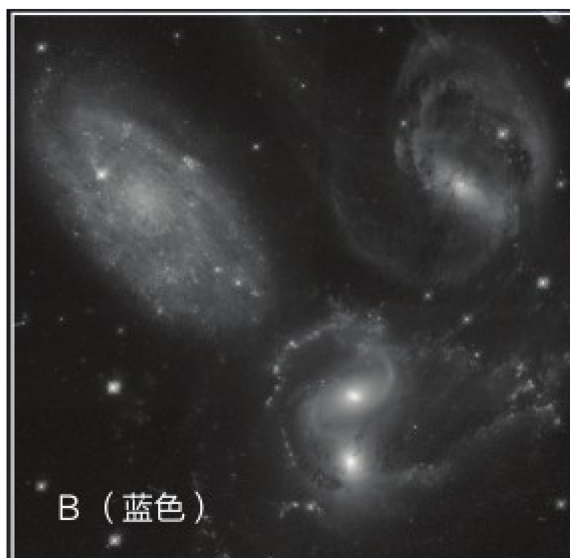




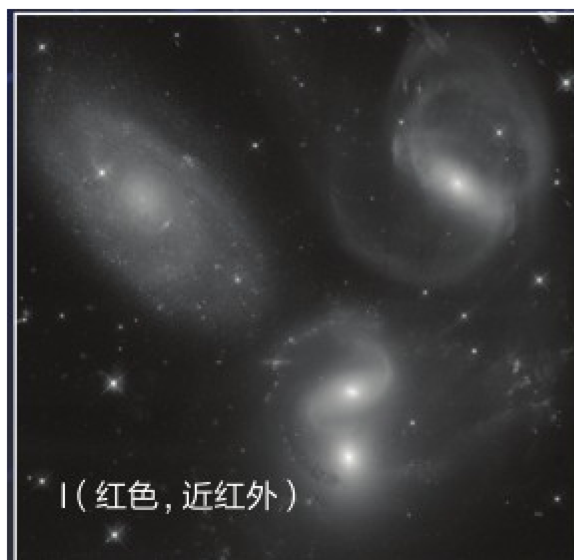


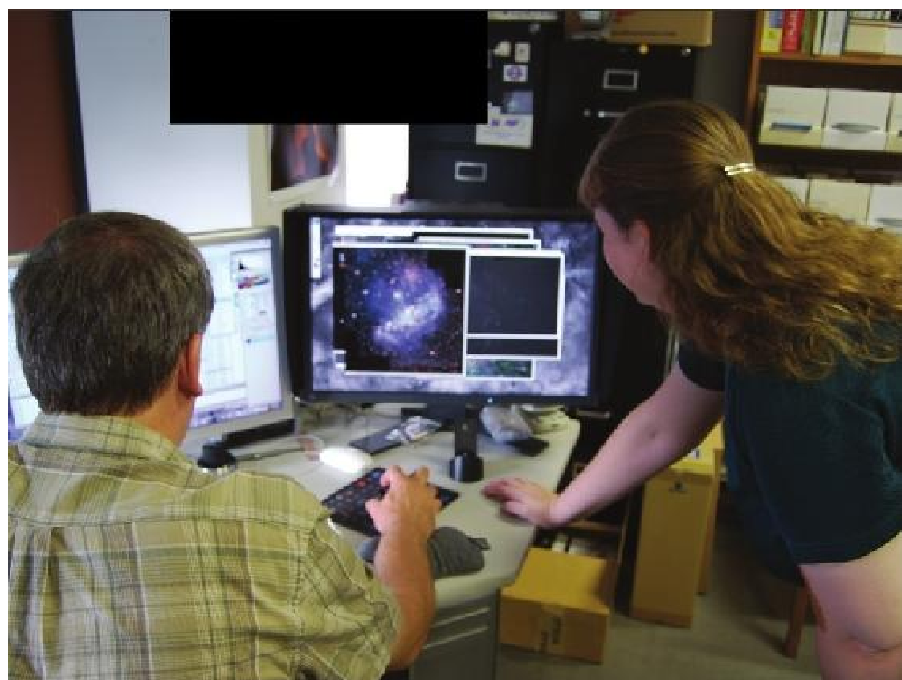
第2步

同样的调整方法也适用于3种不同颜色波长的滤光片。最常见的是使用3种滤光片，有时，来自几个不同滤光片的数据可能会被组合在一起，为我们提供可以组合成颜色的3种通道。


B（蓝色）


V（黄色/绿色）





在编译图像之前，用于制作图像的新数据必须与哈勃空间望远镜档案中的现有数据进行比较

在地球表面以上568千米的位置，哈勃空间望远镜比任何地面仪器都能更清楚地观察宇宙。没有了大气层产生的扭曲效应，哈勃空间望远镜可以深入地窥视太空，并且生成它所能观测到的天体的惊人图像。

但是，尽管它有像其他望远镜一样的镜子，但它上面并没有目镜或天文学家。因此，在我们能看到观测结果之前，所有哈勃空间望远镜的

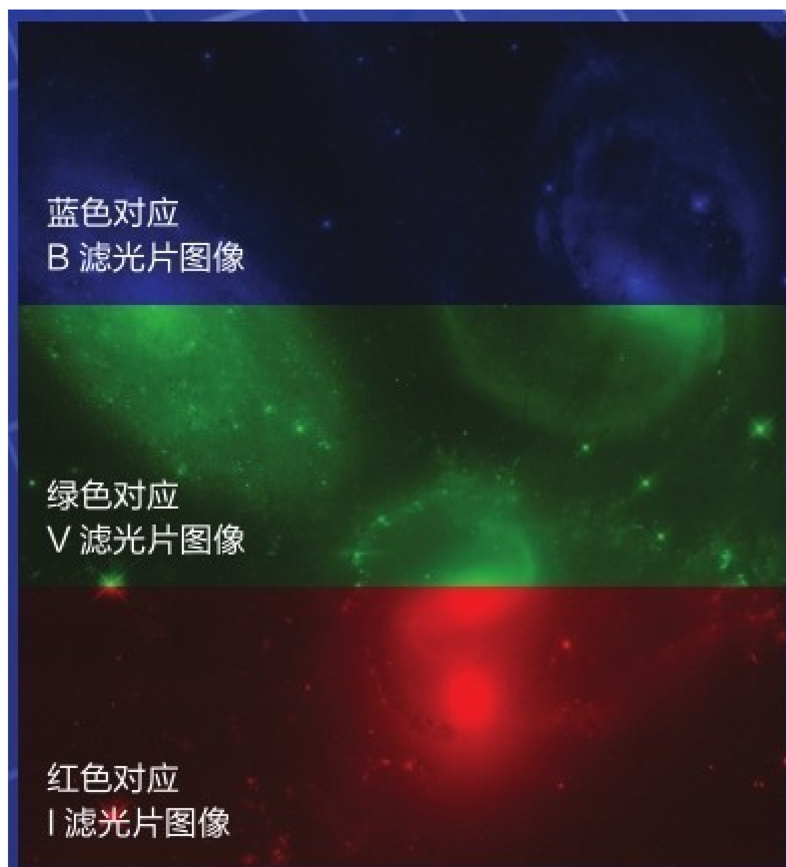
观测结果都必须转换成数字信息并传送回地球。

空间望远镜科学研究所的雷 ·维拉德解释说：“曝光数据是通过电子方式收集的，储存在空间望远镜上，然后通过无线电信号发回给美国马里兰州格林贝尔特的戈达德太空飞行中心，接着再传回巴尔的摩。”在巴尔的摩，成像工作才真正开始。

“数据中的每一个数字代表一个灰度值，这样你可以制作出一幅单色图像。彩色图片必须利用不同颜色滤镜的拍摄来组合。这些曝光图像被放在一起，根据拍摄时使用的滤光片来进行着色。”

第3步

接下来，我们按波长长短的顺序将每种输入的滤光片数据应用到恰当的原色上（最红的滤光片对应红色，蓝色滤光片对应蓝色等）。应用的颜色不需要和滤光片的实际可见颜色相同。这一步和剩下的处理过程都是用标准的照片编辑软件完成的。



第4步

图像的合成是通过将彩色图像层叠来实现的。



第5步

最后，还要进行调整以改善色调、颜色和对比度，接着进行图像修补以祛除仪器和任何的加工痕迹。


调整复合的
彩色图像



换句话说，在单色图像中，通过红色、绿色或蓝色滤光片呈现的灰色渐变显示了图像中这些颜色的不同强度。通过将恰当的红色、绿色或蓝色渐变分配给每幅图像，并将这些图像组合在一起，就能得到一幅全彩色的图像了。

但这还没有完成，维拉德说：“还有很多图像处理需要完成。首先，图像有很大的动态范围，因为在黑色的天空背景里有极其明亮的天体。你必须调整灰度值，让所有的值都能符合图片中大部分内容的范围。你还必须移除撞上探测器的宇宙射线，并在图片中添加噪声。”

新式暗室

几乎所有的处理都是用Adobe Photoshop软件完成的，这让人不得不惊叹。“Photoshop对于我们正在做的事情是非常理想的，”维拉德指出，“但问题是，在当今流行文化中，Photoshop也是欺骗的同义词。人们会说‘哦，那张照片是PS过的。’”

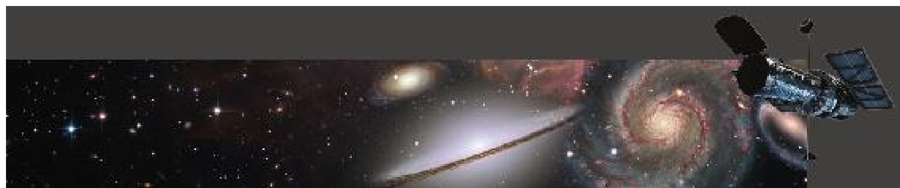
“嗯，是的。但Photoshop只是一个电子暗室。在过去的暗室里，人们做着同样的决定，我要花多长时间去曝光相纸，我要用什么对比滤

镜，我要用的白平衡是什么等。我说Photoshop，人们会说‘哦，你在编造图像。’不，我们根据它所发生的辐射类型尽可能地忠实于天体的真实面貌。”

处理哈勃数据的人必须忠实于真正的数据，因为图像是一个重要的信息来源。“天文学家可以从灰度图像中收集他们想要的东西，但彩色图像也可以给予我们信息。”维拉德说，“坦率地讲，一幅带有恰当色调和色彩尺度的引人注目的图像能提供大量的信息。因此它们既有科学价值，对公众来说也有审美价值。”

这一美学价值是为什么维拉德认为哈勃空间望远镜的图像如此受欢迎的原因。“它们在情感层面上具有吸引力，你不需要拥有科学学位就可以欣赏它们。它们有一种神秘的感觉，超越了我们所能理解的东西。比起其他任何的望远镜，哈勃空间望远镜以我们从未想象过的方式揭开了宇宙的面纱。”

星系



哈勃空间望远镜的观测极大地增进了我们对星系形成和演化的认识——比如，大量的氢和更重的元素是如何在星系内循环从而创造出一代又一代恒星的。在地球湍动的大气层之上飞行，哈勃空间望远镜比任何地基望远镜都更深入地研究了太空——由于光速是有限的，这意味着哈勃空间望远镜也看到了更为久远的过去。但是，在科学之外，哈勃空间望远镜最伟大的成就是它拍摄的美妙图像，不断让看到它们的人为之赞叹、为之惊奇。



一个旋涡星系

2010年1月5—7日

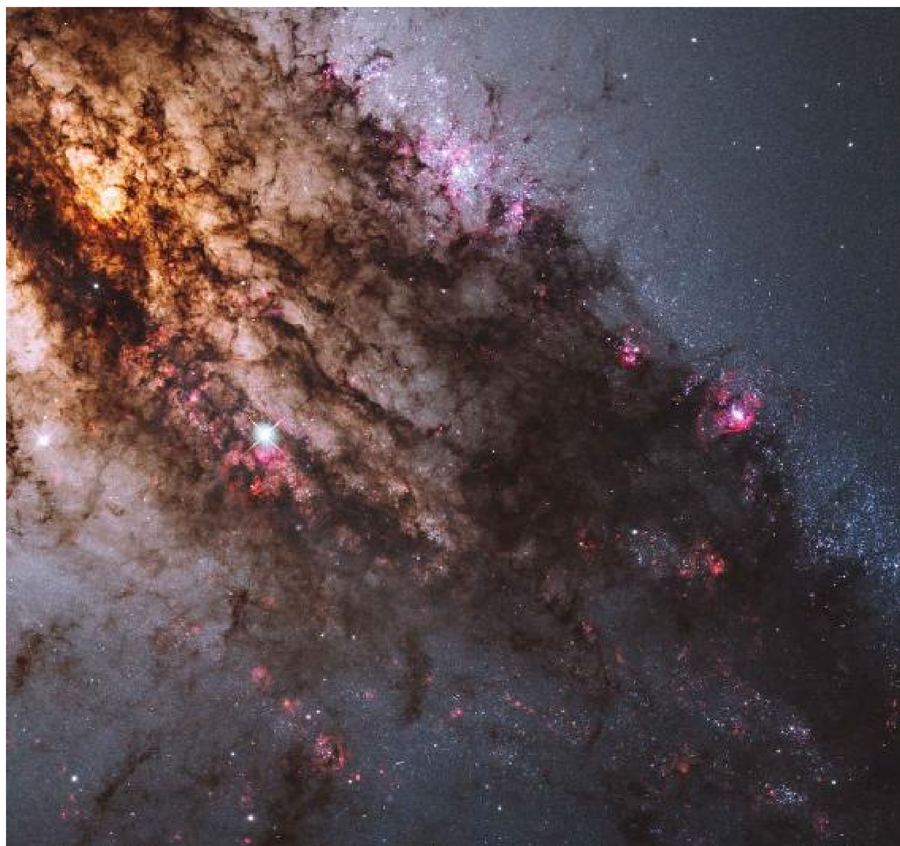
这张位于大熊座的、距离为4600万光年的旋涡星系NGC 2841的图片显示出明亮的星光亮尖，其指明了星系的中心，旋涡状的尘埃带映衬着发白的中年恒星。年轻的蓝色恒星标示出星系的旋臂。



银河玫瑰

2010年12月17日

位于仙女座的被称为Arp 273的相互作用星系群，稍大的旋涡星系UGC 1810，在其伴星系UGC 1813的潮汐作用下被扭曲成玫瑰形状。顶部的蓝色条纹是由无数明亮、炽热的年轻蓝色恒星发出的光芒组合而成。



隐现的风暴云

2010年7月

这张全色图像（从紫外延伸到近红外波段）揭示了通常被尘埃遮蔽的巨大椭圆星系人马座A的许多细节。其中包括红色的新恒星形成区域，这可能是由于过去与另一个星系的碰撞或合并产生的冲击波压缩了氢气体云而引发的。



合二为一

1999年4月7—9日

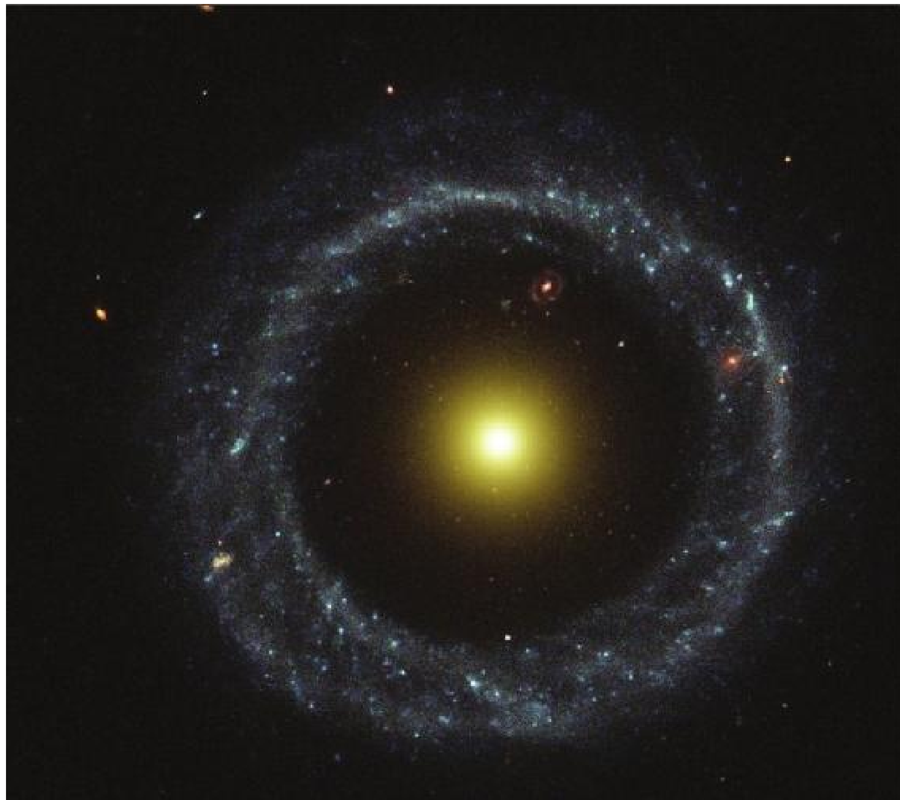
NGC 4650A是已知的仅有的100个极环星系之一。这可能是两个星系碰撞的结果，其中一个变成了由老年红色恒星构成的内部圆盘，而另一个则被撕裂，形成了一个新的由尘埃、气体和恒星构成的以近乎直角轨道运行的环。



尘土飞扬的螺旋星系

1995年4—6月和1999年4月

哈勃空间望远镜对NGC 4414（位于大约6000万光年之外）的测量帮助我们理解了宇宙膨胀的速度。它是典型的螺旋星系，其中心区域包含较古老的黄色和红色恒星； 外部的旋臂富含星际尘埃云，是年轻的蓝色恒星的家园。



星系并合

2004年7月21日和2005年2月16日

“触须星系”NGC　4038和4039——以从它们的星系核延伸出来的长长的触须状臂而命名，大约在2亿～3亿年前开始相互作用。这让我们前瞻了银河系在几十亿年后与仙女星系相碰撞时可能发生的事情。

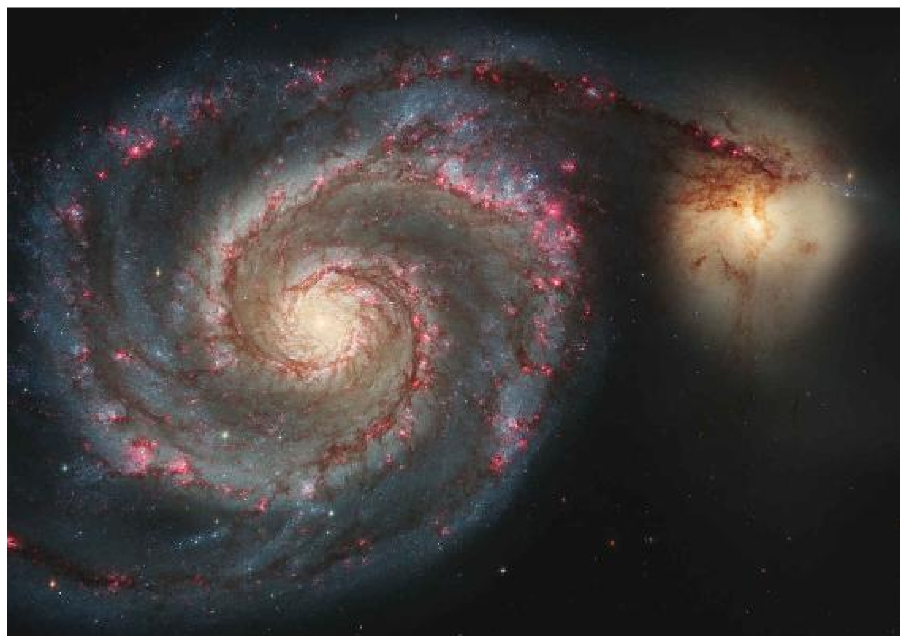


环环相扣

2001年7月9日

这张被称为霍格斯天体的不寻常星系的图片展示了一个由热的蓝色恒星组成的近乎完美的环，这些恒星围绕着一个大部分由年老恒星构成

的黄色核心旋转。人们认为，这两个部分之间的间隙可能包含了一些太过微弱而看不见的星团。



漩涡边缘

2005年1月18—22日

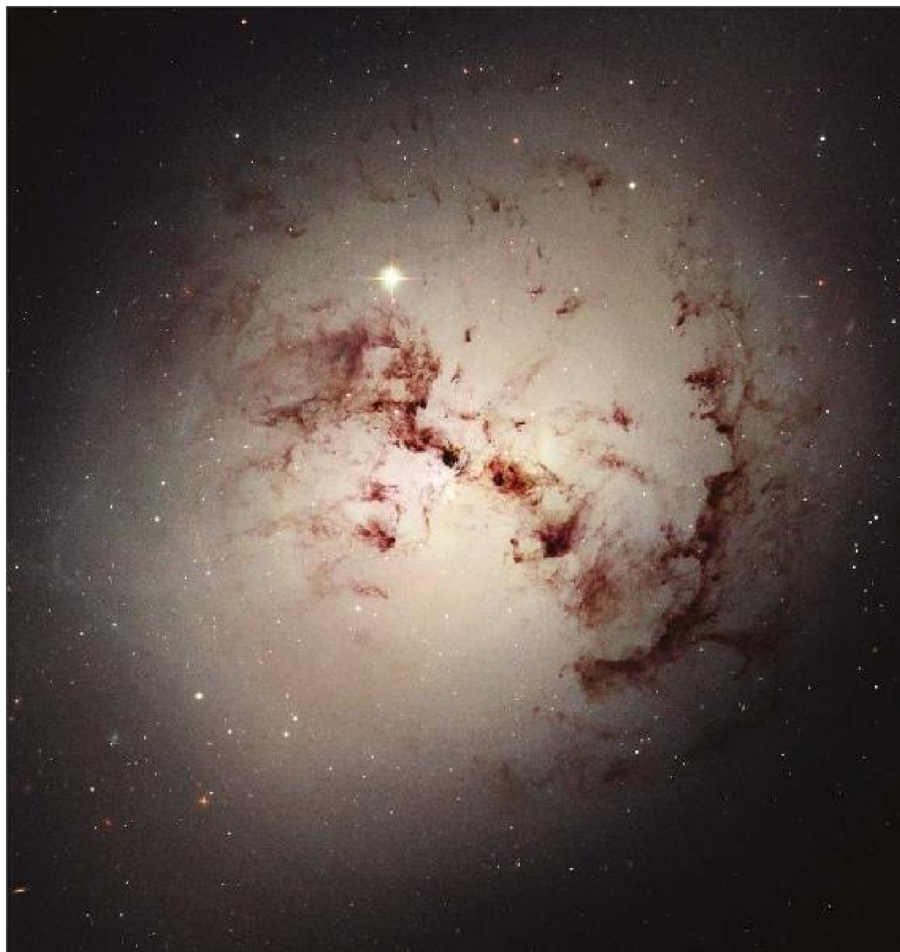
这张M51（NGC　5194）的照片（昵称“漩涡”）展示了一个有着“宏伟设计”的螺旋星系的复杂细节，它的两个弯曲的旋臂充满了明亮的粉色恒星幼儿园和年轻的蓝色恒星。哈勃空间望远镜观测到右边黄色的小星系（NGC 5195）正从漩涡后面经过。



宇宙手镯

2004年1月16—17日

星系AM　0644741类似于一个镶嵌着钻石的手镯，它的蓝色星团环包裹着一个淡黄色的核，这是星系碰撞过程中剧烈结构变化和大量新恒星形成的证据。左边柔软的螺旋星系和这个环状星系无关。



尘埃细节

2003年3月4—7日

通过揭示隐藏在 NGC 1316 星系（又名天炉座A）中的宇宙尘埃，以及精确测量某种类型的红色星团，哈勃空间望远镜帮助我们确认了这个巨大的星系是两个螺旋星系碰撞的结果。



暗黑边缘

2006年2月11日

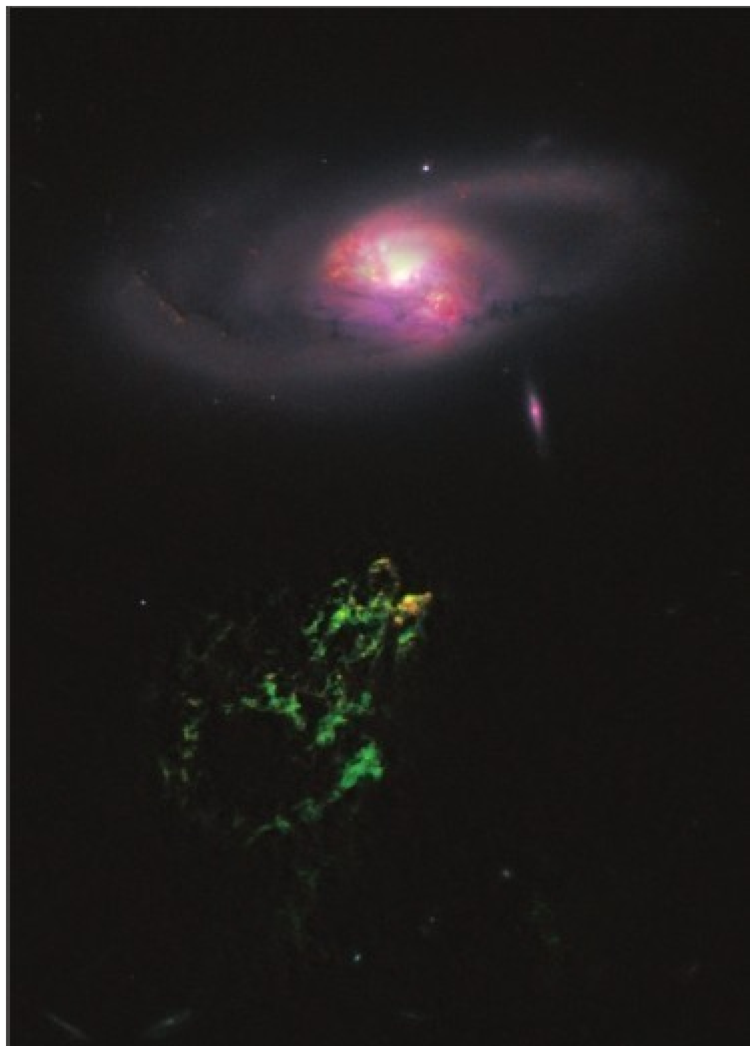
这张NGC5866的边缘图片显示了一个清晰的尘埃带将星系一分为二，可见的结构包括从圆盘蜿蜒进入核球和星系晕内部的纤细尘埃踪迹。与此同时，星系晕外部点缀满无数的球状星团，而每一个球状星团都由数百万颗恒星组成。



暗黑之眼

2001年4月8日—7月6日

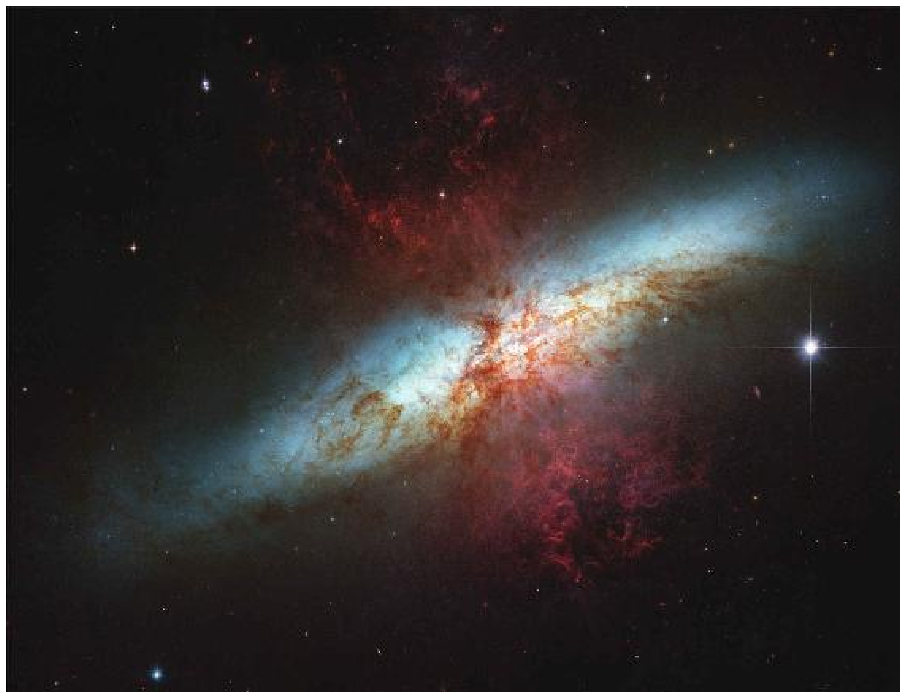
两个星系的碰撞留下了梅西叶64（M64）——使用小型望远镜就可以看到它，因此它很受天文爱好者的欢迎。它的星系核前面有吸收光的尘埃带，因此被称为“暗黑之眼”或“恶魔之眼”星系。



怪异空间

2010年4月4日和12日

荷兰中学老师哈尼·范·阿克尔在参与名为星系动物园的公众科学项目时第一次注意到这一幽灵似的绿色气团。它被称为“哈尼天体”，现在，它被认为是延伸在银河系周围的长达30万光年的气体流的明亮部分。



星暴

2009年3月27—29日

这张梅西叶82号天体（M82）的广角照片突显出其非凡的明亮的蓝色圆盘，碎裂的云网和看起来像羽状物的发光氢气。据估计，恒星在这里诞生的速度是我们银河系里的10倍，以至于M82星系中心聚集了巨量的恒星。



雄伟的阔边帽

2003年5—6月

梅西叶104号天体的标志是一个明亮的白色核心，周围环绕着构成其旋臂的厚厚的尘埃带。哈勃空间望远镜能够分辨出围绕这个阔边帽星系的近2000个球状星团——大约是环绕银河系的球状星团数目的10倍。



毫不纠结

2002—2004年

哈勃空间望远镜发现，这两个发生相互碰撞的星系之间的实际距离，是我们银河系和仙女星系距离的10倍。这一构图向我们展示了NGC 3314B的旋臂正好对上了旋涡星系NGC 3314A的正面。



沙粒

2002年7月19日和9月28日

在650万光年之外的旋涡星系NGC　300的星系中心，无数颗恒星像

沙滩上的沙粒一样单独被呈现出来。2002年，制作出这张图片的曝光数据被用来测试了一种测量星系间距离的新方法。



壮丽的星空蒙太奇

2013年2月5日

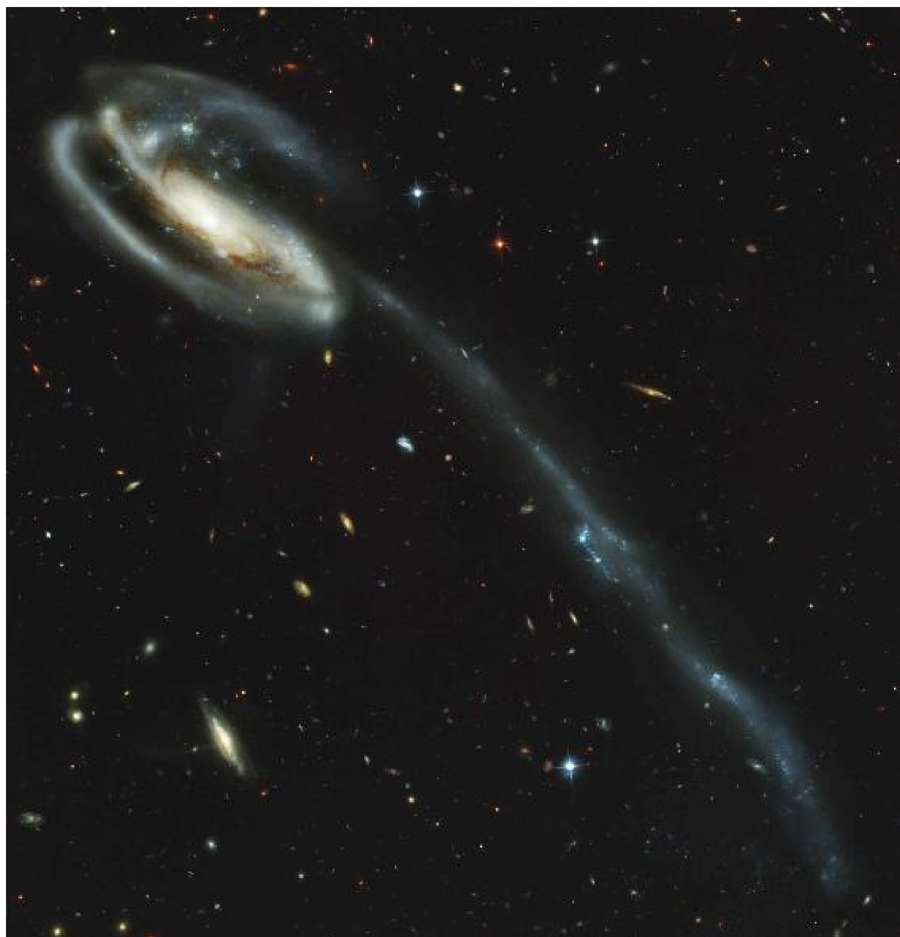
从哈勃空间望远镜档案中得到的科学数据可以与其他来源的数据结合起来，创造出引人注目的图像，比如著名的天体摄影师罗伯特·根德勒拍摄的这张M106（NGC 4258）的独特照片。这张图片刻意强调了M106“异常旋臂”的“光学成分”，这里呈现出的是红色鲜艳的氢发射线。



旋涡之心

1995年1月15—24日和1999年7月21日

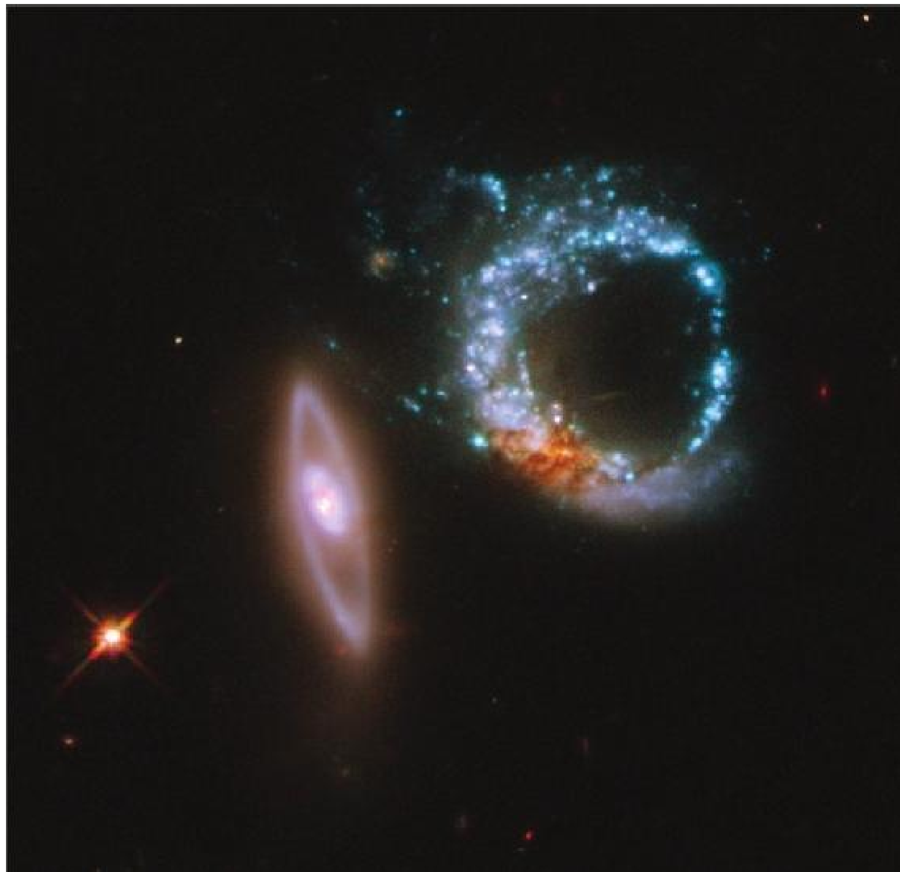
旋涡星系（M51，NGC　5194）是业余和专业天文学领域中最上镜的星系之一，这幅图像是哈勃空间望远镜早期拍摄的，它让天文学家清晰地发现了冷尘埃云和炙热氢的结构，这一结构将独立的星团和它们的母体尘埃云联系起来。



巨大的蝌蚪

2002年4月1日和9日

不同寻常的UGC 10214看起来像一团失控的飞轮状焰火，将它长达28万光年的恒星和气体流拖拽着与一个小小的闯入者——蓝色的致密星系发生碰撞，呈现在这一巨大的“蝌蚪”图形的左上角，而这个“肇事者”正在离开“事故现场”。



完美的数字**10**

2008年10月27—28日

这对引力相互作用的星系，被称为Arp 147，被认为是星系碰撞后产生的。像数字“1”的星系相对来说没有受到干扰，几乎完全侧向对着我们的视线方向；而像数字“0”的星系则呈现出由密集恒星构成的块状蓝色环，很可能是碰撞后形成的。



尘埃触手

2006年9月19日

旋涡星系的一种罕见排列揭示了在背景星系的亮光下，显现出尘埃骨骼状触手的轮廓，这一触手明显地延伸到这个小星系的星光盘之外。尽管之前未曾发现过这一结构，但这一图像向我们提出了这样一个问题，即这种结构是否是大多数星系的共同特征。



棒状螺旋

2004年9月

哈勃空间望远镜拍摄的典型棒旋星系NGC 1300的图像，捕捉到了它的星光、炽热的气体和尘埃云。图像的高分辨率让我们能看出结构细节，包括星系核心拥有的独特旋涡结构，蜿蜒3300光年。



寻找黑洞

2010年9月23—24日

ESO 24349星系被认为是一个中等质量黑洞的所在地，该黑洞可能被一小群炽热的年轻蓝色恒星所环绕。考虑到它在星系盘面上方所处的

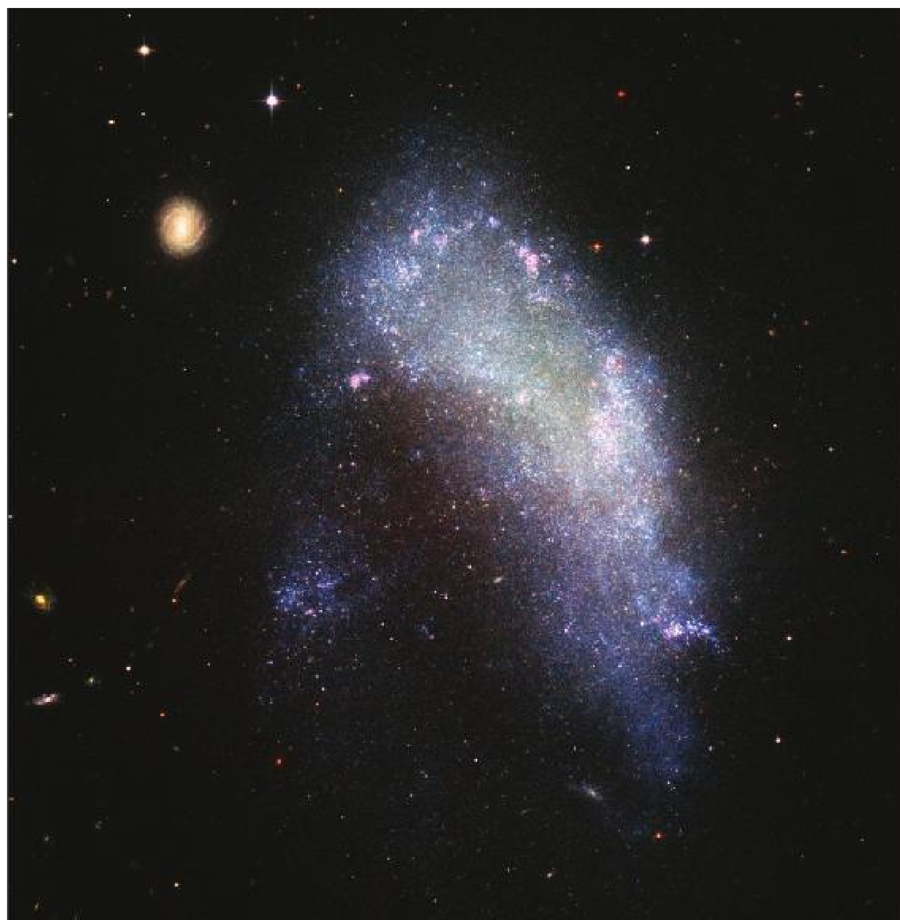
位置，人们认为这个黑洞来自一个被吞噬的矮星系。



兴致盎然

2002年1月6日

UGC 9618（又名VV 340或Arp 302）由一对儿处于相互作用的早期气体富集旋涡星系组成。大质量恒星的气体辐射出大量的红外线，这些恒星的形成速度与银河系中最活跃的区域类似。



错误的聚集

2003年1月9日

在天炉座星系群的引力作用下，不规则星系NGC 1427A正以大约600千米/秒的速度一头扎向该星系群。它不太可能作为一个可识别的星系存活下来，在接下来的10亿年里，它将会在星团中留下恒星和气体。



恒星托儿所

2005年8月1日

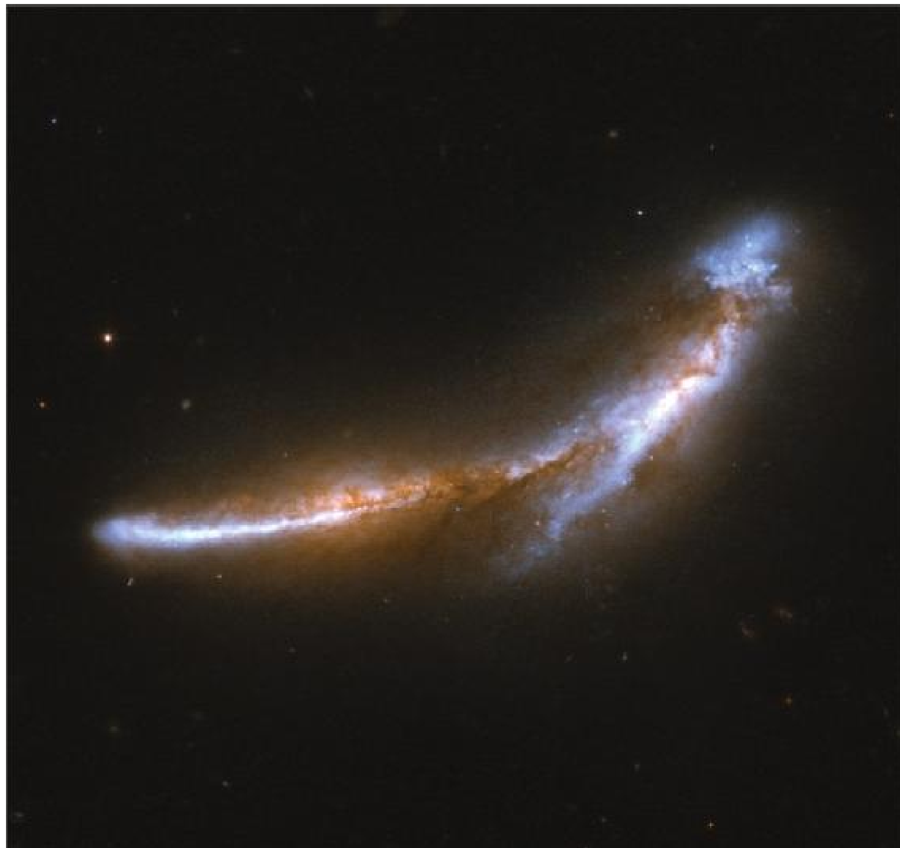
这张棒旋星系NGC 1672的照片揭示了其恒星形成云和星际尘埃暗带的壮观细节，这些云和暗带沿着旋臂的内部边缘分布。旋臂上分布着炽热的年轻蓝色恒星星团，电离了周围的氢云，发出了红色的光。



星系鸟瞰

2004—2006年

巨大的旋涡星系M81与我们的视线成斜角，正好可以鸟瞰它的旋涡结构。虽然M81距离我们有1160万光年之远，但哈勃空间望远镜的分辨率足以让我们分辨出星系中的单颗恒星、疏散和球状星团，以及荧光气体的区域。



一只跳跃的海豚

2001年10月30日

NGC 6670 是一对儿相互重叠的星系，从边缘看，就像一只跳跃的海豚。天文学家认为这对儿星系处于第二次碰撞的早期阶段，这可以解释它为什么发出红外光，亮度是太阳的1000多亿倍。



终极场景

1994年3月—2003年1月

在2006年，这张梅西叶101号天体（M101）的图像是那时能提供的最大和最详细的旋涡星系的图像，它由51张哈勃空间望远镜的图像并结合地面观测图像组合而成。M101的星系盘很薄，哈勃空间望远镜很容易就能看到它后面更遥远的星系。

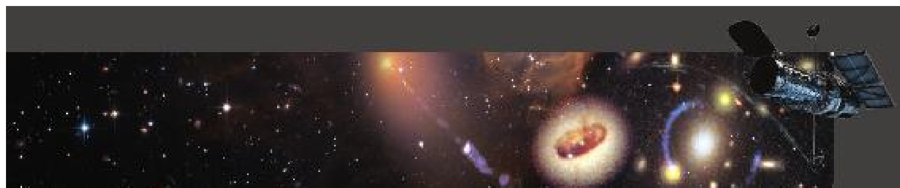


球状星团

2002年12月—2003年12月

天文学家使用哈勃空间望远镜识别出了室女星系团中超过1.1万个球状星团。他们现在认为在M87（这个巨大的椭圆星系位于星系团的中心）附近发现的星团数量要比预计的多，当距离太近的时候，它就会去抢夺那些较小的星系。

我们的奇异宇宙



通过25周年的观测，哈勃空间望远镜揭示了宇宙中存在的一些奇异天体，从星系中心的黑洞中喷发出的超高速物质喷射，到还处于婴儿时期的宇宙的最遥远快照应有尽有。哈勃空间望远镜的继任者，詹姆斯·韦伯空间望远镜，将进一步拓展我们所能看到的宇宙边界，因为它可以观测更长的波长，比如红外波段。这里，我们展示了一些哈勃空间望远镜观测项目在太空中发现的新奇事物，其中一些将带我们回到宇宙大爆炸后5亿年时。



强力喷射

1998年2月

像灯塔光束一样从M87星系的中心喷射而出的是一股由黑洞驱动的电子和其他亚原子粒子喷流，它以接近光速的速度运动。蓝色的喷流与组成星系的数十亿颗看不见的恒星所发出的黄色光芒形成对比，该星系位于5000万光年之外。





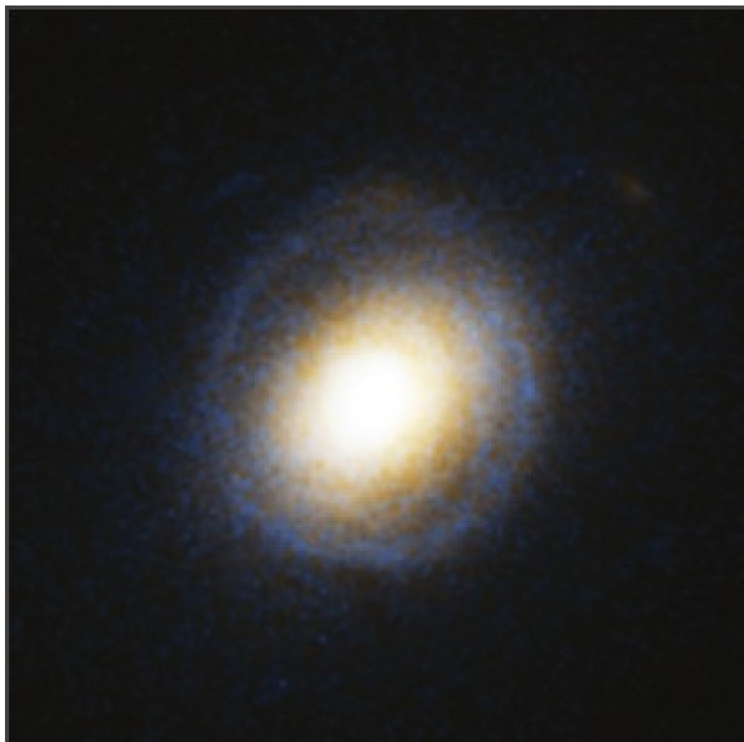












扭曲的光

2005年11月17日

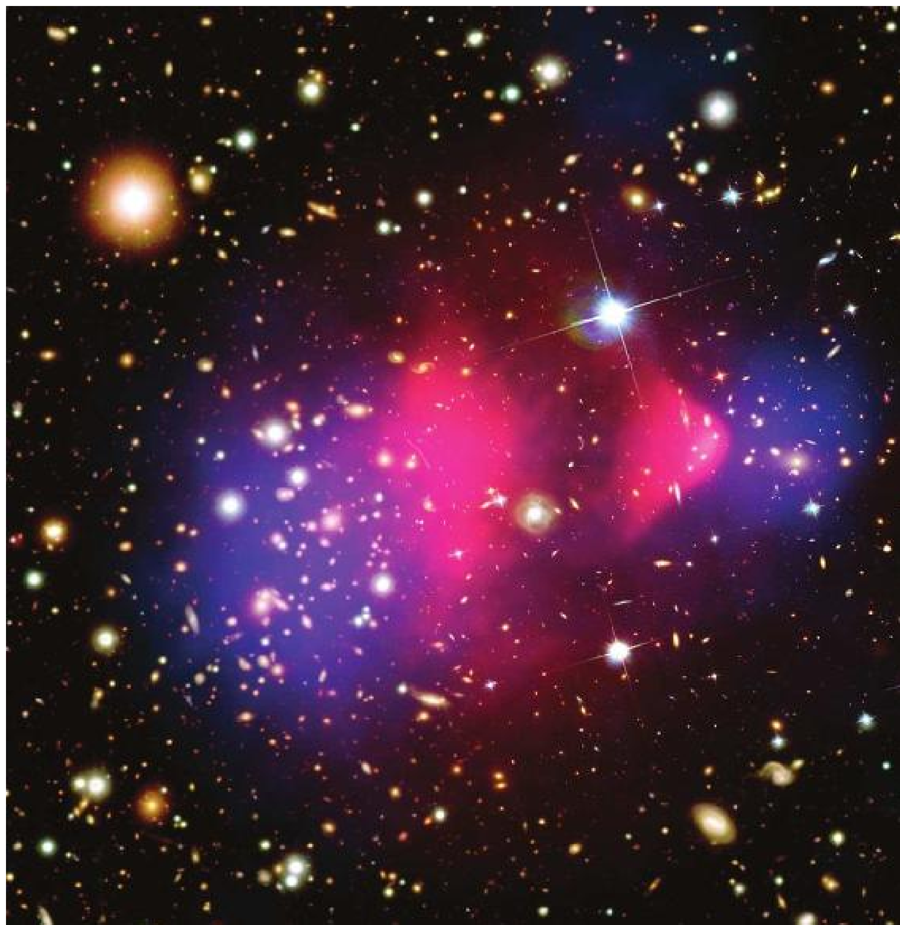
这些图像中的黄色斑点是20亿～40亿光年以外的巨大椭圆星系，每个星系都用蓝光将两倍远的背景星系勾勒出来。较近星系的引力使背景光弯曲形成爱因斯坦环。



优雅弧线

2011年3月1日

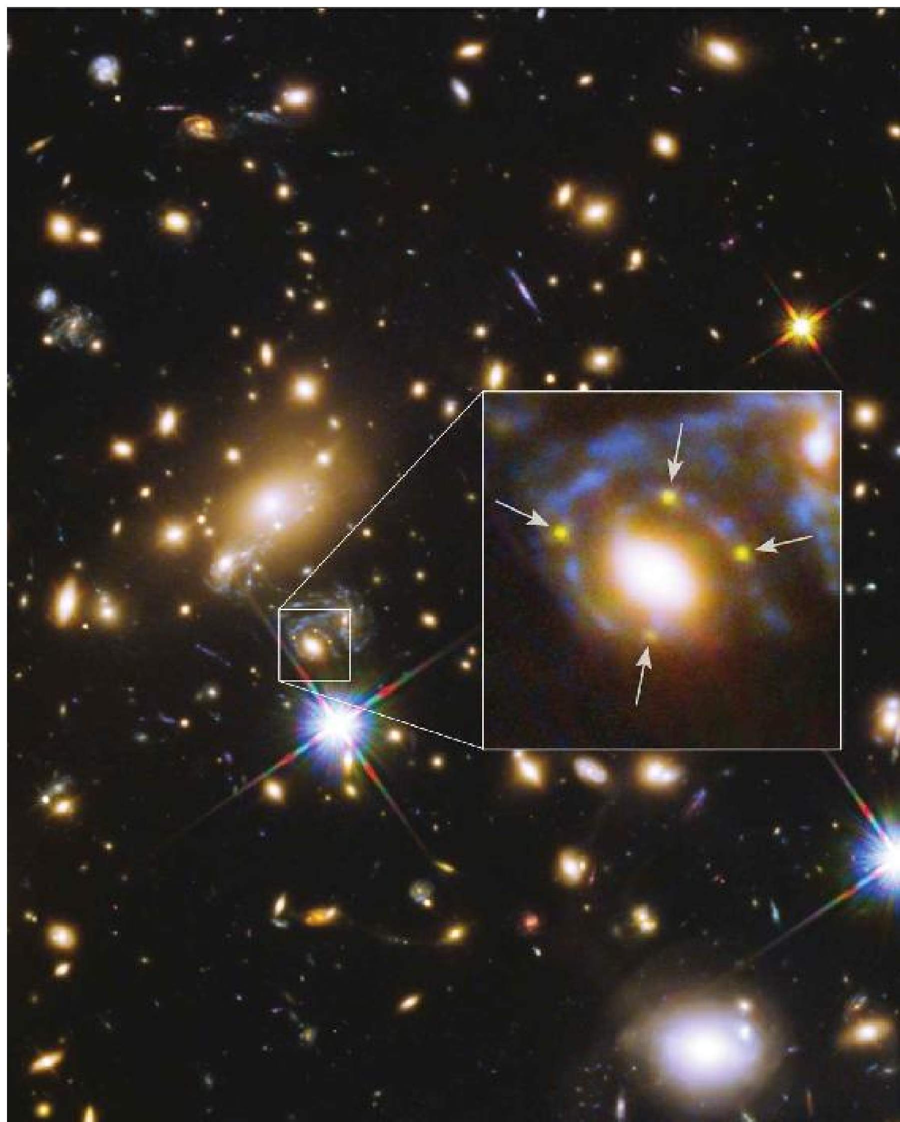
这幅图像是哈勃空间望远镜拍摄的最引人注目的引力透镜的范例之一。图中，50亿光年外的黄色前景星系团的引力场将来自100亿光年外的背景星系的光弯曲成优雅的蓝色弧线。



星系团聚合

2009年1月14—19日

在这张子弹星系团中星系碰撞的图像中，结合了哈勃空间望远镜和钱德拉X射线天文台的数据。图像表明，星系的绝大多数物质与星系团的热气体是分离的，这些气体在图中用粉色表示。天文学家以此推断在蓝色区域中存在暗物质。



幻影超新星

2014年12月14日

除了爱因斯坦环外，哈勃空间望远镜还发现了爱因斯坦十字。在这张图中，在一个较近星系的巨大引力作用下，一颗93亿光年以外的黄色超新星在该星系边缘被重现了4次。



伸展

2011年10月16—24日

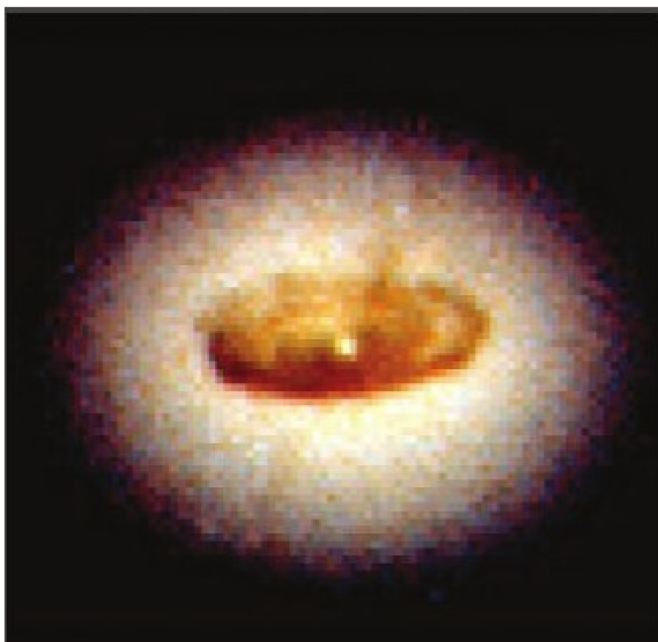
NGC　7714的烟雾环形状之所以扭曲，是因为它被一个位于画面左侧边缘外的伴星系所拉伸。这一宇宙拉伸始于大约2亿年前。



遥远的矮星系

2014年9月17日

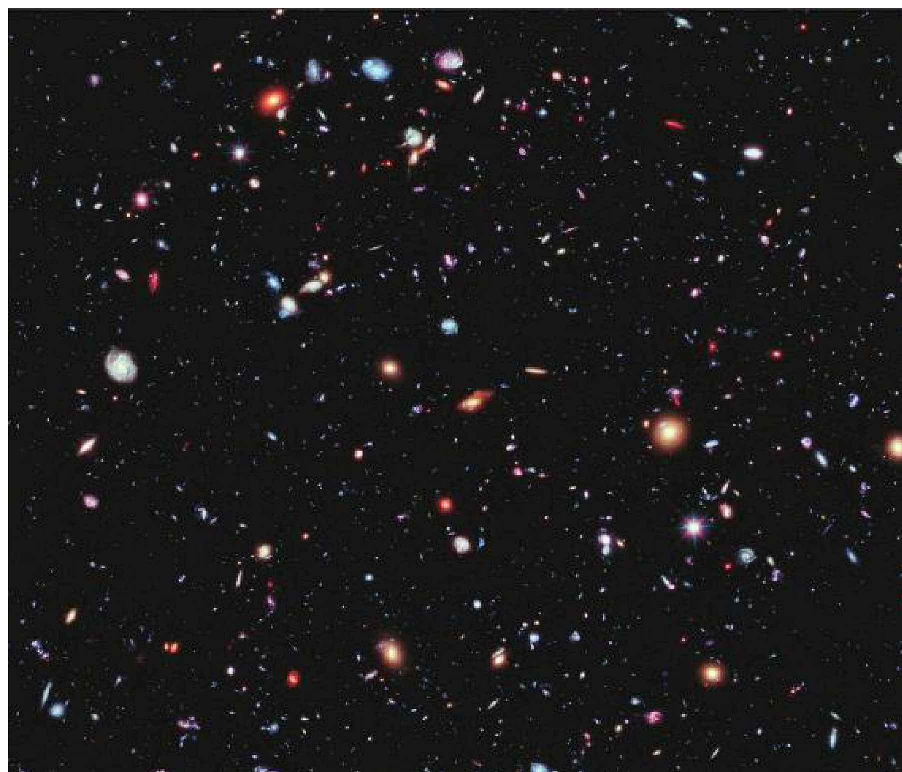
天文学家认为一个巨大的黑洞位于矮星系M60-UCD1的中心。该星系位于5400万光年之外，是已知最小的拥有超大质量黑洞的星系。



吞食尘埃

2005年12月4日

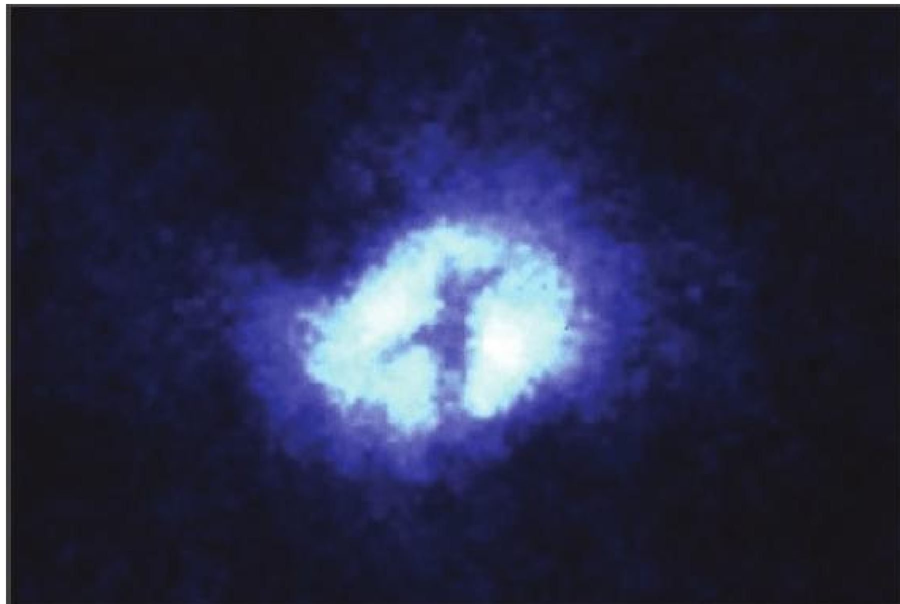
这个甜甜圈形状是一个800光年宽的尘埃盘，其为位于星系NGC 4261中心的一个黑洞提供燃料。这个甜甜圈的质量是太阳质量的12亿倍，而黑洞的引力能够吸引足够多的周围物质，足以形成10万颗像太阳一样的恒星。



极端深场

2002年7月—2012年3月

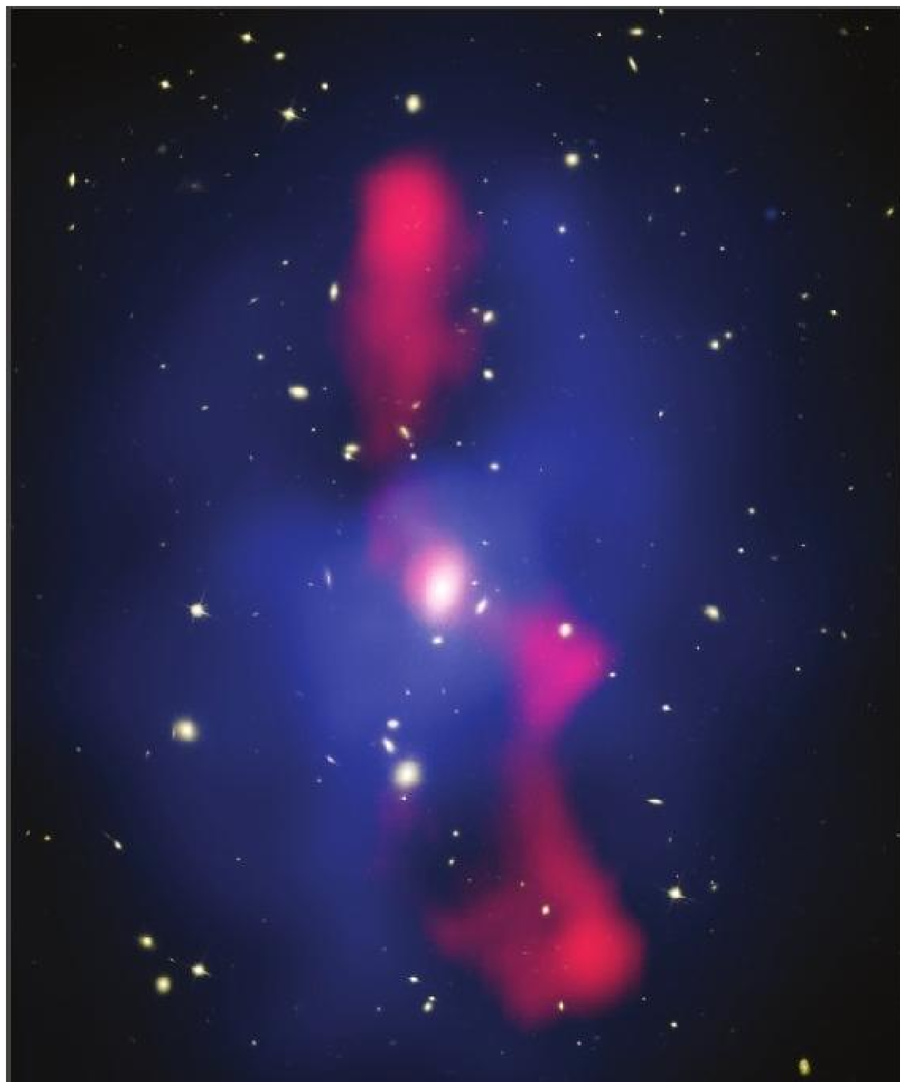
这是哈勃空间望远镜对宇宙最深入的观测，揭示出了成千上万个星系的形状，它们的模样就像132亿年前一样，即宇宙大爆炸后5亿年。这样的形态和结构已经存在了非常长的时间。



X标记

1992年6月8日

在邻近的旋涡星系M51的核心，由于尘埃的吸收而形成了黑暗的十字交叉，标记出了黑洞的位置。黑暗X标记的两臂是边缘朝向我们的尘埃环，直径约100光年。



3幅重叠

2006年11月2日

这幅星系团的图像由3幅图组成：哈勃空间望远镜拍摄的星系用黄色表示，钱德拉望远镜拍摄的在X射线波段发射的热气体用蓝色表示，这些热气体被来自黑洞的高能粒子喷流推到一边，甚大阵拍摄到了这些喷流，图中用红色表示。

与哈勃空间望远镜有关的数字



哈勃空间望远镜**2.0**

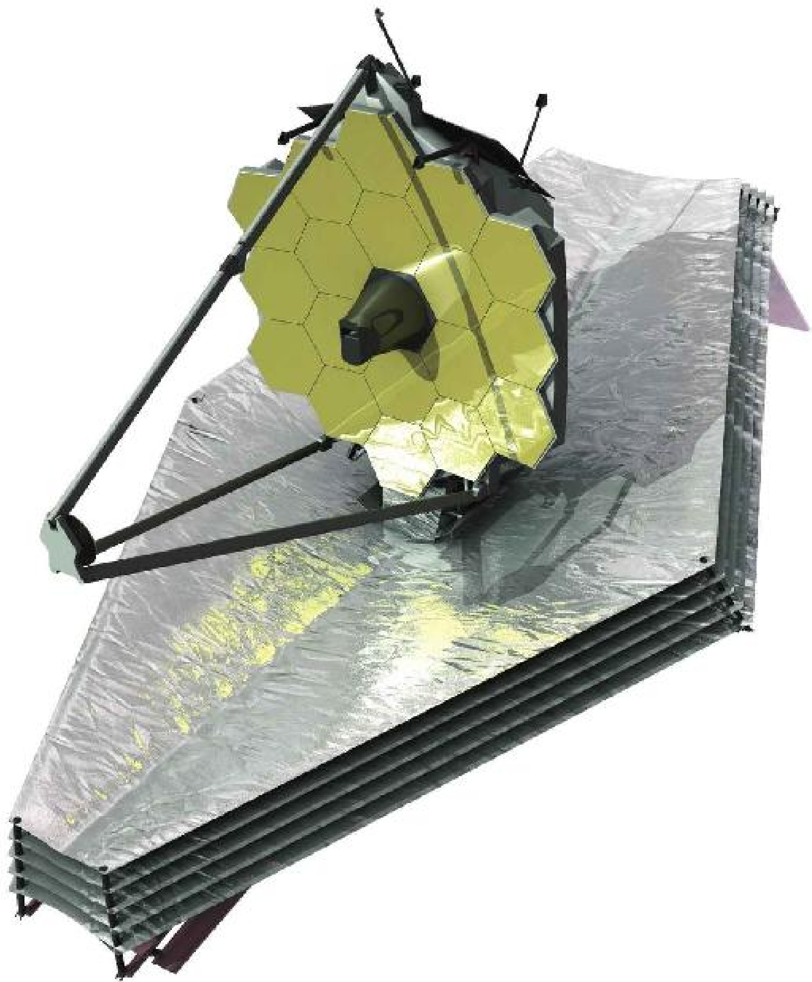
詹姆斯·韦伯空间望远镜将能比它的前任看到更远的宇宙。皮尔斯·毕卓尼享有NASA的独家访问权，从而监控其进展。

设计、建造和操作一个空间天文台真正需要什么?以哈勃空间望远镜为例，在脑海中浮现的画面是一个长长的银色圆柱体，静静地漂浮在无边无际的黑暗太空中，它张开的大嘴指向它所选择的目标。我们没有

想到的是，与此同时地面上也在进行着大量的支持操作。

早在2009年3月，我就有幸被带到了戈达德航天中心，这是位于马里兰州格林贝尔特的NASA哈勃空间望远镜的操作中心，位于华盛顿和巴尔的摩之间。在那里，我遇到了哈勃空间望远镜的孪生兄弟，在一个巨大的机库中供电并嗡嗡作响，还看到了一个巨大的后续航天器的硬件——詹姆斯·韦伯空间望远镜（JWST），它预计将于2021年发射。我在戈达德学到的东西表明，JWST的设计目的不仅仅是取代哈勃空间望远镜。事实上，这两台机器向我们展示了宇宙的不同侧面……

我对戈达德航天中心的第一印象是那里很安静。那里大约有30座建筑，分布在4平方千米的土地上，大多数建筑不超过5层楼高。偶尔在枝繁叶茂的树篱上方，可以看到乳白色的大飞机库的屋顶。除此之外，在那里工作的3000名NASA工作人员和6800名合作人员分散在这个巨大的设施中。与休斯顿的NASA任务控制综合设施或佛罗里达的发射中心相比，戈达德航天中心规模实际上很小。



詹姆斯·韦伯空间望远镜将能够看到太空的最深处

关于作者



记者兼作家皮尔斯·毕卓尼专攻天文学和外太空。他的新书《新太空前沿》于2014年11月出版发行

JWST综合科学仪器模块（ISIM）的首席经理帕姆 ·沙利文博士为我安排了一个短暂而紧凑的参观计划，因为我们必须考虑到从一幢大楼到另一幢大楼所需的短暂而频繁的汽车行程。计划上的第一个项目是有关JWST基本内容的视听展示。

JWST是一台红外望远镜，主镜6.5米，安装在一个网球场大小的巨大遮阳板上。配备推进装置、通信设备和太阳能电池板的辅助航天器悬挂在这个不怎么好看的遮阳板底部。沙利文解释之所以需要如此大的主镜是因为詹姆斯 ·韦伯空间望远镜将寻找遥远而暗弱的星系,它常常需要收集来自一个目标的每秒不超过单个光子的光，所以我们要抓住尽可能多的光子。

这种对灵敏度的极端要求需要JWST在深空工作，远离地球—月球系统的干扰。它将在距离地球约150万千米的拉格朗日点L2上沿轨道运行，在那里，引力的综合影响确保太阳、地球和月球总是安全的位于望远镜的遮阳板后面。在离地球这么远的地方，哈勃式的宇航员修复任务是不可能的。这也是为什么JWST的巨大镜子被分成18个独立的六边形花瓣的原因之一，每个花瓣都有卡车驾驶室门那么大。每一片花瓣都可以通过远程控制精确调整，所以不会出现哈勃空间望远镜早期使用散焦主镜的问题，JWST至少有能力自行纠正任何失调。

展开翅膀

一切都要顺利进行，一击必中。有点像蛹里的昆虫，JWST在发射时将紧紧地坐在欧洲空间局阿丽亚娜5号火箭的鼻锥内。一旦进入太空，它将按一种令人晕头转向的复杂流程部署，按顺序撑开遮阳罩、展开转盘和折叠起来的镜面。沙利文似乎并不在意这种明显的复杂性:“这看起来很棘手，但诺斯罗普 ·格鲁曼公司，我们航天器的主要承包商，在处理太空中的大型结构方面非常有经验。”



JWST主镜的18个六边形子镜都在NASA的马歇尔航天中心进行了低温测试



对JWST的遮阳盾展开步骤的测试是在加利福尼亚进行的。



技术人员检查JWST圆形凸面副镜上的镀金涂层。

JWST的设备

综合科学仪器模块（ISIM）是 JWST 的核心，包含 4 种主要设备。



中红外设备（MIRI）

这台多用途相机由欧洲空间局和NASA建造，将研究遥远的恒星星族、氢云以及太阳系边缘暗弱的彗星。



近红外相机（NIRCAM）

这台由亚利桑那大学建造的相机将探测来自超新星、最早期的恒星与星系在形成过程中发出的光。



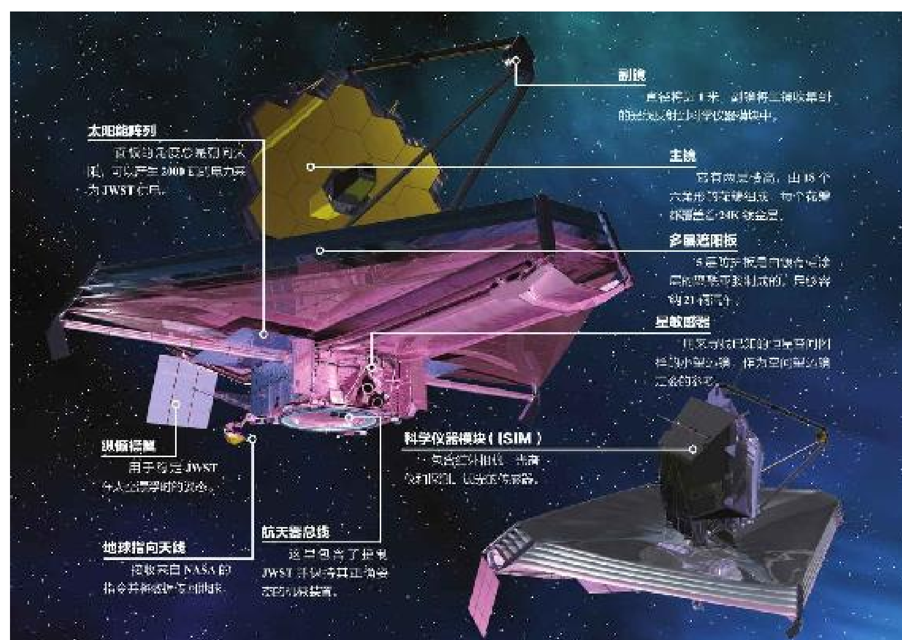
近红外光谱仪（NIRSPEC）

这是由欧洲空间局设计的，它使用了戈达德航天中心提供的高度复杂的百叶窗快门阵列，能够同时观测100多个天体。



精密导星传感器（FGS）

由加拿大空间局建造，配备一个可以选择波长极为特定的滤光片。该设备还可以兼作星敏感器。



保护JWST不受烈日暴晒是一项艰巨的任务。巨大的5层保温层阻挡了炫目的光，使阴影部分的环境温度保持在绝对零度以上几十度（零下233摄氏度）。JWST的仪器必须保持低温以避免被错误的信号淹没，因为红外线和热能是密切相关的。即使是JWST内部的电子元件产生的最微小的热量也必须与望远镜组件隔绝。还有一个低温储罐能让特别敏感

的中红外仪器（MIRI）保持在更低的温度（零下266摄氏度）。

在观看了令人印象深刻的JWST部署的模拟之后，是时候让我更仔细地看看这些仪器了。沙利文向我展示了ISIM的一些硬件:一个由镜子、镜片、传感器和传动装置组成的难以置信的迷宫。它是在一个由大学和制造承包商组成的国际联盟的协助下制造的。那是我这辈子见过的最精密、最复杂的机器。

然后，我被护送到一个小房间，那里的强大气流差点把我吹飞了。一组技术人员帮我穿上了“兔子装”，这是一件没有绒布的白色罩衣，它几乎像宇航服一样有效地将我与外界隔离。再加上白靴子、面罩加上护目镜就完成了。几秒后，我变得又热又痒。

JWST将会看到怎样的图像

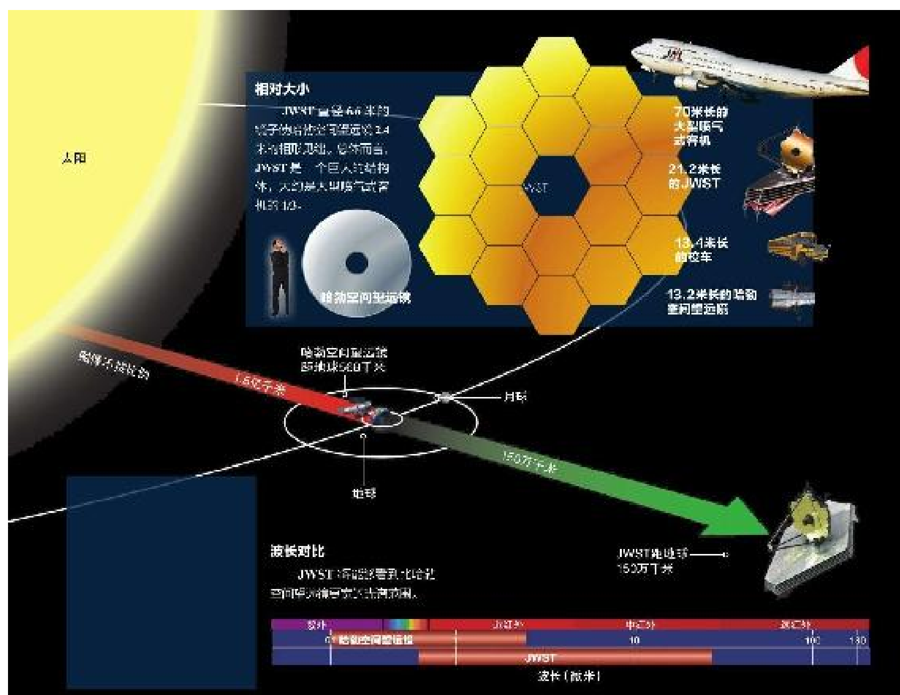
哈勃空间望远镜拍摄的惊人图像主要来自光谱的可见光和紫外区域，但JWST将主要使用红外波段。这台望远镜之所以要这样做，是因为有着令人信服的理由。

太空中充满了尘埃云，它们来自恒星爆发和其他宇宙事件的古老残骸。这些尘埃云可能是恒星诞生的地方，但问题是尘埃挡住了它们背后天体的光线。幸运的是，更长的红外波长可以穿透这些云。

另一个因素是红移。1929年，埃德温 ·哈勃发现所有的星系都在互相远离。来自遥远星系的光线被延伸至光谱红端更长的波长，就像高速行驶的火车发出的声波在远离的时候会变长一样。星系离我们越远，它就越年轻，因为它的光芒到达我们需要花费更多时间。多亏JWST的红外“眼睛”，它将能够看到这些新形成的星系，并揭示这些星系最早期的发育阶段。



上面这两张图片是哈勃空间望远镜拍摄的。预计JWST拍摄的图像将会更加清晰，并呈现更暗弱的细节，就像下面这两幅模拟图片所描绘的那样。



从哈勃空间望远镜到JWST

JWST使用的红外成像技术并不是它与哈勃空间望远镜的唯一区别。哈勃空间望远镜可以看到130亿年前的星系，但只能在特殊情况下才能看到。JWST每天都能够收集到大爆炸后不到10亿年的光线。JWST距离地球150万千米，而哈勃空间望远镜距离地球只有568千米。

最后，我被带领着穿过最后一扇嘶嘶作响的气闸，进入了戈达德微航天中心电子实验室明亮的白光中。环境保持得非常干净，每立方米空气中只允许有4粒尘埃。在这里，我见识到了一项开创性的新技术，但首先让我解释一下它能解决的问题。

JWST相对较宽的视场通常会包含数百个遥远的目标，每个目标发出的光谱略有不同。挑战在于，在不让整个望远镜从一个目标重新对准另一个目标的前提下，分离和区分它们各自的光谱。解决方案是一系列可单独开启或关闭的铰链襟翼或“快门”。首先，一个磁化棒扫过阵列并拉开所有的快门。然后，电子命令会发送到指定的行和列，当大多数快门自动关闭时，与这些命令给定的行和列相关的快门会保持打开，让指定目标的光线进入。这个巧夺天工的系统可以同时分析数百条光谱。

62000个快门排列起来，看起来就像非常精确的华夫饼干网格。我还没有提到的是，每一扇快门的宽度只有100～200微米，大约是4根头发的宽度，而整个阵列的宽度只有5厘米（2英寸）。由于JWST的仪器需要4组快门阵列，每组快门阵列都需要能承受数千次的开启和关闭，这是最先进的微芯片工程。

负责快门制造团队的玛丽　·李博士解释说,这就像在整理蝴蝶翅膀上每一个落满灰尘的鳞片,但却不允许让任何的鳞片脱落。“如果一个快门坏了或者开关不畅,那么所有在它旁边的快门都会变得毫无用处,因为来自相邻目标的光线不能在探测器内部发生干涉。在整个JWST任务中，我们只能失去几十个快门。”

当我凝视着显微镜观察快门的运作时，产生了两个想法。首先，技术上的挑战实在是太棒了；其次，“兔子装”简直要了我的命。当终于能够爬出来参加当天的最后一项安排时，我感到如释重负:我参观了哈勃空间望远镜的“双胞胎”，并在另一个大得多的无尘室里轻轻哼唱。我稍稍松了一口气，透过一扇厚厚的观察窗望着它，而不用钻进另一套崭新的“兔子装”里去。

詹姆斯·韦伯是谁?



詹姆斯·埃德温·韦伯是一名官员，而不是天文学家，但他在1961—1968年担任NASA高级官员期间，大力支持空间科学任务的开发。当时，阿波罗登月计划占据了所有的新闻头条，而机器人探测器那时也不太受欢迎，韦伯坚持认为无人驾驶的任务对于长期的太空探索至关重要。

JSWT将会寻找什么？

宇宙何时会被再次点亮？

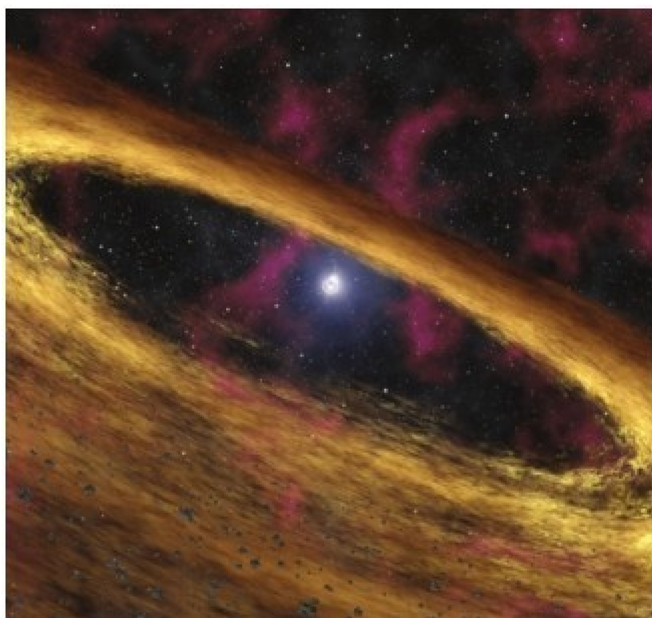
在大爆炸后的最初几亿年间，一切都是黑暗的。随着时间的推移，氢和氦原子聚集在一起形成星系，但是第一批恒星花了4亿多年才开始发光。第一批恒星个头非常巨大，在几百万年后它们就发生剧烈的超新星爆炸，散放出很多元素。这些早期恒星发出的紫外能量爆炸撕裂了太空中的氢原子，而这些氢原子花了很多时间才重新获得了失去的电子。JWST将帮助我们确定这个再电离过程是多久以前发生的。





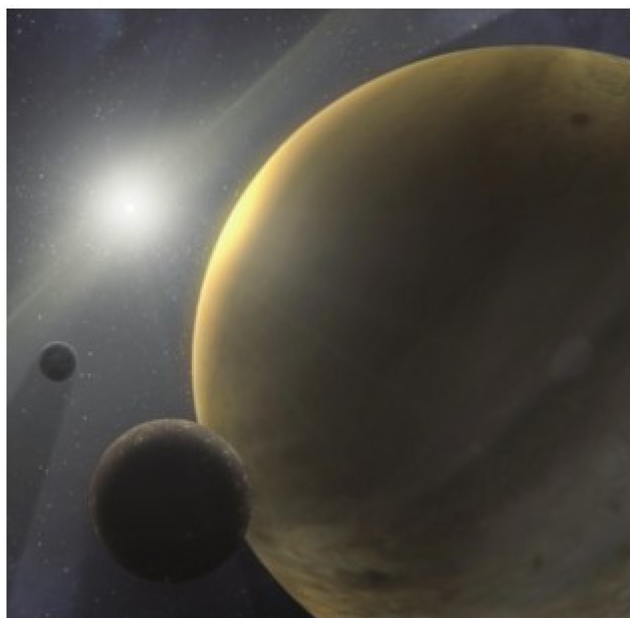
星系的成长

JWST将研究星系是如何形成的。几乎所有星系的心脏位置都有一个黑洞。科学家们将利用JWST来揭秘星系和黑洞之间的联系。大爆炸后大约10亿年时存在的星系比现在我们周围的星系更小，也更不规则。但一些星系看起来和今天的类似，科学家们将使用JWST来研究它们。他们将试图探求星系是如何成长和演化的，以及星系是如何积累比氢重的元素的。



恒星与行星的诞生

关于恒星的形成，科学家们仍有很多不知道的东西，比如它们是如何由坍缩的尘埃云形成的，年轻的恒星彼此之间以及如何与周围的残骸相互作用。行星诞生于这些残骸中，但许多已经发现的太阳系外行星都是沿着接近主星的轨道运动的气态巨行星。这与科学家关于行星形成的理论不一致。利用红外成像和光谱分析仪，JWST将穿透致密的星际云进行观测，并有望解答这些问题。



行星与生命起源

JWST将制作环绕邻近太阳的恒星运行的行星图像，以揭示它们的年龄和组成。JWST还将能够分辨出是什么物质构成了围绕在近邻恒星周围的行星盘，这将帮助天文学家确定是行星盘中的什么促成了行星的形成。JWST还将观察太阳系边缘的冰质天体，寻找生命起源的线索。通过比较这些数据和来自近邻恒星周围行星的发现，天文学家也许能够确定是什么使生命成为可能，并在其他地方寻找相似的条件。



专家解读

我们采访了诺贝尔奖获得者约翰﹒马瑟，他是JWST在戈达德航天中心的高级项目科学家。

你的主要任务是什么?

我从第一天就开始研究JWST，所以我密切参与了望远镜的设计和仪器的选择。我们现在正在建造真正的硬件的道路上前进，这是非常令人兴奋的。

JWST将致力于解答哪些主要问题?

4个主要的科学任务实际上可以归结为一件事。你看，我们认为我们很聪明，我们对宇宙有一个准确的概念。我们认为暗物质提供了大部分的质量，而暗能量导致宇宙膨胀加速。然后是普通物质，我们现在可以用仪器看到的很小一部分的物质。所以我们有了这些精彩的理论，声称我们应该能够计算出一切是如何变成恒星和星系的。现在我们想看看这些理论是否正确。

JWST有什么作用?

它将拍摄早期宇宙的照片，并从遥远的太空中辨认出朦胧暗弱的光线——当然，在遥远的太空中意味着遥远的过去。我们想看看早期的星系和其他一些在宇宙还不到10亿年的时候形成的现象。哈勃空间望远镜让我们能够看到50亿～100亿年前的时间，这是宇宙的青春期。我们需

要看到的是它的童年。

是什么使早期星系与我们经常看到的近邻星系不同?

我们怀疑星系是由小的部分组成的，这些小的部分结合在一起形成更大的结构。如果这是真的，我们应该能够看到早期星系在结构上不那么复杂，而且与现代星系有很大的不同。

“同卵双胞胎”

当我看向哈勃空间望远镜的“双胞胎”所处的高大房间时，我的第一个想法是要保持如此巨大空间的清洁，是一个多么大的挑战。“空气过滤器在哪里?”我问。哈勃空间望远镜的舱外活动经理鲁斯·沃纳斯指向远处的墙，它至少有10米高。“你现在就看着呢，”他咧嘴笑着说，“整个表面就是一个巨大的过滤器。”

我的目光从巨型过滤器转回到哈勃空间望远镜。它躺在那儿，被分成两部分：一个角落里是粗短的后部圆柱体，里面装着探测器、电力系统和陀螺仪；在房间的另一个角落里，是望远镜主体高高的银色圆柱体。厚厚的电线和电缆蜿蜒穿过地板，连接到圆柱体外部的各种接口上。这个版本的哈勃空间望远镜永远不会在太空中翻滚和旋转。事实上，它根本不会动。然而，在其他方面，它完成的“飞行”任务和在轨道上运行的更著名的“双胞胎”一样完整。

首先会在它的“双胞胎”上测试传递给哈勃空间望远镜的新命令，以确保内部系统正确响应。当我用“双胞胎”这个词的时候，我是认真的。这台机器的每个螺母和螺栓都复制了正在轨道上工作的版本，以便宇航员进行维护练习。看着那些嵌板和密密麻麻的内部结构，我意识到宇航员在修复哈勃空间望远镜的过程中扮演了多么重要的角色。机器人根本无法应对。头发斑白的NASA老员工鲁斯·沃纳斯自豪地谈起他在过去20年里有幸与哈勃空间望远镜修复任务的宇航员们共同工作：“记住，他们在做任何事情的时候都要戴着厚厚的手套。”

退休在即

最后一个停靠站是哈勃空间望远镜飞行控制室，我不由得注意到，那里有几个没有工作人员的工作台。就在那时，2009年的春天，哈勃空间望远镜也开始显现出老态。仪器、控制系统和电池都出现了故障。首先要做的只是让哈勃在接下来的两个月里保持稳定，最终的修复任务将在5月开始。这次任务安装了新的电池、陀螺仪和仪器，它们延长了哈勃空间望远镜的寿命，直到2018年以后它才会停止工作，届时JWST将

发射升空。JWST实际上不能被描述为一个替代的望远镜，因为这两台机器是如此的不同。因此，天文学家们试图让哈勃空间望远镜尽可能长时间地运行，即便他们也在期待着JWST。

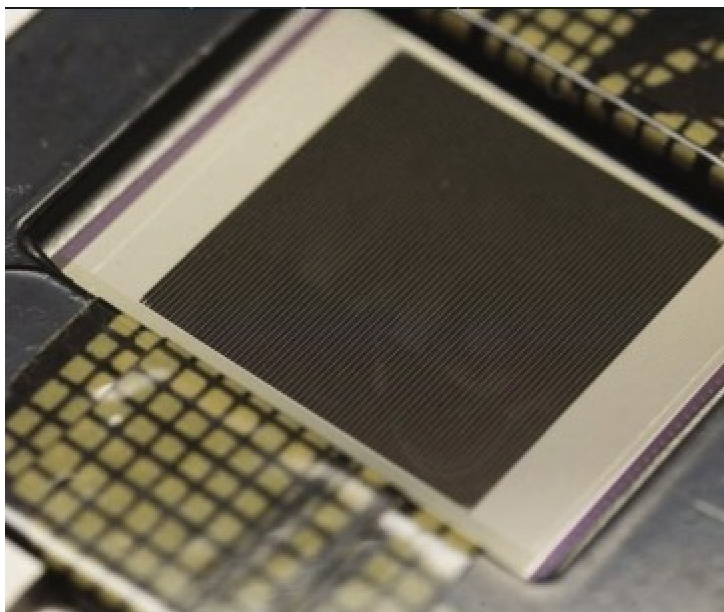


JWST的全尺寸模型让NASA戈达德航天中心的工作人员看起来像小矮人。

空间科学任务需要参与设计和建造任务的人付出难以置信的贡献。如果火箭失败或者空间探测器突然停止发射，10年的工作瞬间化为乌有的情况也并不少见。哈勃空间望远镜在1990年发射前用了20年的时间建造。JWST已经花了10年的时间来准备，还有几年时间才会发射（JWST已被推迟至2021年发射）。在这个综合行业中，可能会出现太多问题。但是，如果JWST发射顺利并成功运行，它将以哈勃空间望远镜的传奇为基础，带领我们更加接近宇宙的起源。

新技术

让我们来看看有哪些能使 JWST 一举成功的惊人技术。



微型快门

当磁场作用其上时，这些由62000个微型铰链单元组成的阵列会开启和关闭。每个单元都可以单独控制，允许它被打开或关闭，以查看或阻挡天空的一部分。这使得无需重新调整望远镜就使同时观测数百个不同的目标成为可能。



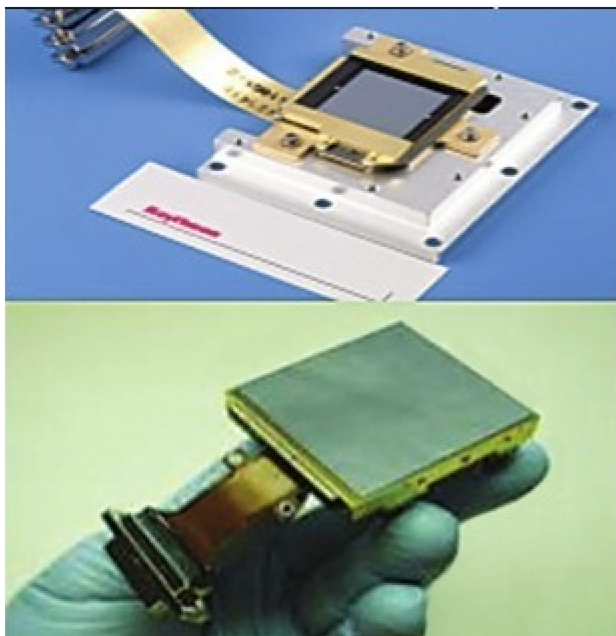
背板

这个巨大的结构支撑着望远镜的六角形镜面，并控制着它们进行难以置信的精细运动来增强聚焦。这里的挑战是确保这个大型结构在接近绝对零度的温度下保持极高的刚性，这样镜子才能保持精确的聚焦。



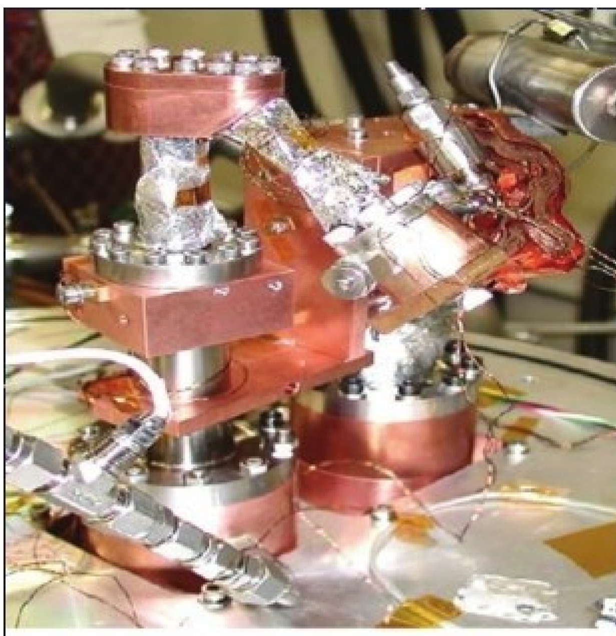
镜子

每块六边形面板的直径为1.3米，是由一整块所有金属中最轻的铍制成的。每一块重达20千克。它们必须按照难以置信的精度进行加工，以尽可能减少发射时的质量，同时留下足够的金属以保持强度和刚性。



红外传感器

JWST需要高灵敏度的探测器阵列捕捉来自遥远星系、恒星和行星的光线。一台400万像素的碲化汞镉探测器将拍摄近红外图像，而一台100万像素的硅砷探测器将被用来完成中红外成像。



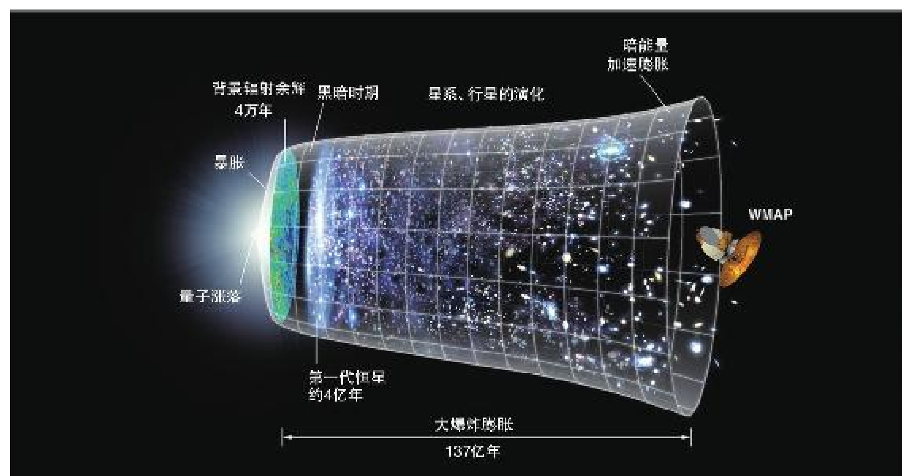
制冷器

JWST制冷系统的冷端与红外探测器的距离很近，但其余部分距离为20米。探测器必须保持在接近绝对零度的稳定温度（零下266摄氏度），以免探测器淹没在随机“噪声”中。冷却器必须进行为期3年的测试以证明其可靠性。

译者后记：揭秘天体的光谱

探索宇宙是一项极具挑战性的任务，而天文学家的终极目标就是借助十分专业的方法和先进的设备从来自天体的光中挖掘出任何有用的蛛丝马迹。

天文学家有很多不同的方法来全面分析来自天体的光，但是它们都有一个共同点——需要通过望远镜收集光子。而天文观测通常分为两大类：成像观测与光谱观测。对星空进行成像观测可以测量恒星的星等、位置和空间形态等，如果能在一段时间内对天体重复成像，还可以用来追踪天体之间的相对运动。这本书中我们所看到的哈勃深空美景就是基于成像观测产生的。当然，哈勃空间望远镜不止能够为天体拍摄美图，它还可以通过光谱观测来观察天体。光谱观测其实就是将覆盖较宽波长范围的星光分解成光谱的形式。通过分析光谱，我们就可以确定一个天体的物理性质，例如表面温度和重力，化学组成及它们在空间中的运动速度等。

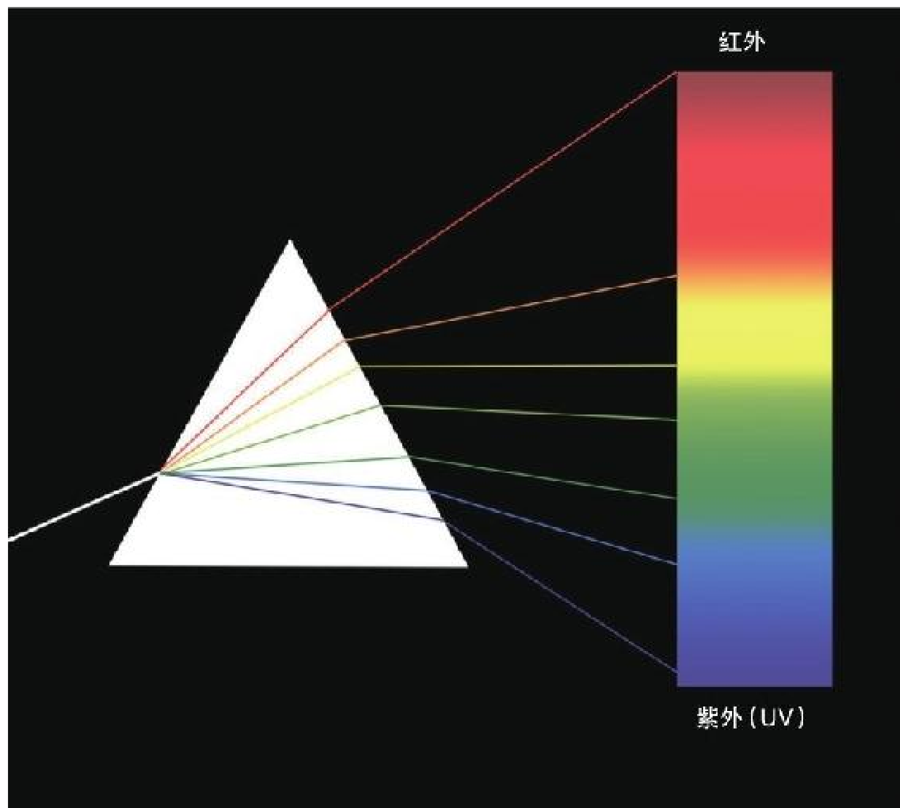


宇宙演化示意图



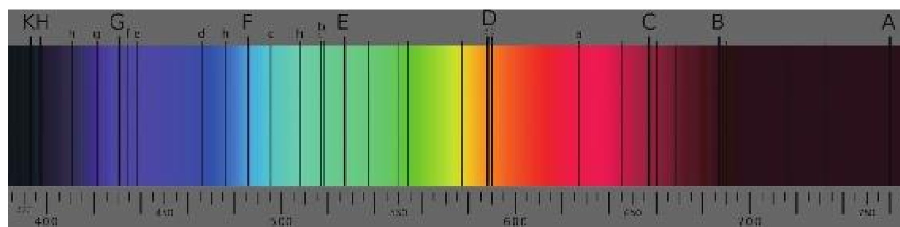
星空成像观测结果

要如何获得来自天体的光谱呢？这得先从彩虹说起。雨后晴空的彩虹是非常壮观的自然景象，在它形成的过程中，不同波长的白色日光在大气里无数微小的水滴中产生不同方向的折射和反射，最终呈现出彩虹的光。我们可以通过一个简单的棱镜产生相同的效果，不同波长的光在玻璃表面被折射到不同角度，但并不发生反射。波长较短的紫外光被折射的最厉害，而波长较长的红光发生的折射也较小，白光就这样被分解成了有颜色的光谱。



棱镜分光原理示意

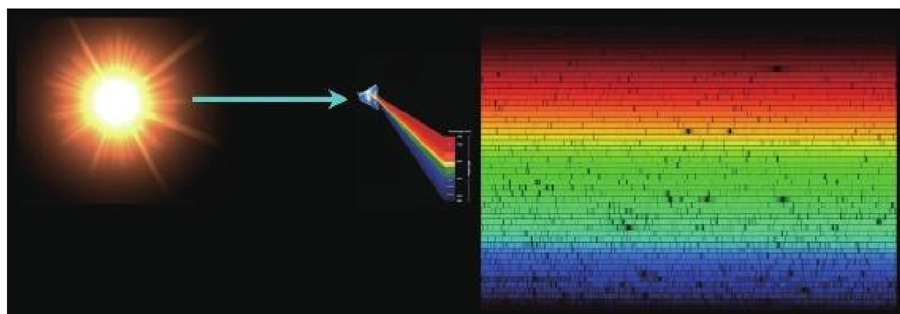
数千年来，人类始终仰视并赞美着夜空中的熠熠星光，却无人知道星光里蕴藏的秘密。直到19世纪，夫琅和费发现透过棱镜等光学仪器之后，太阳光谱看起来就像是彩色条码——在不同颜色的连续谱上居然镶嵌着暗弱不一的诸多暗线，看起来就像是在这些特定位置上，有什么东西被“偷走”了。后来，人们才逐渐认识到这些暗线其实隐藏了许多太阳的重要性质。



波长/纳米

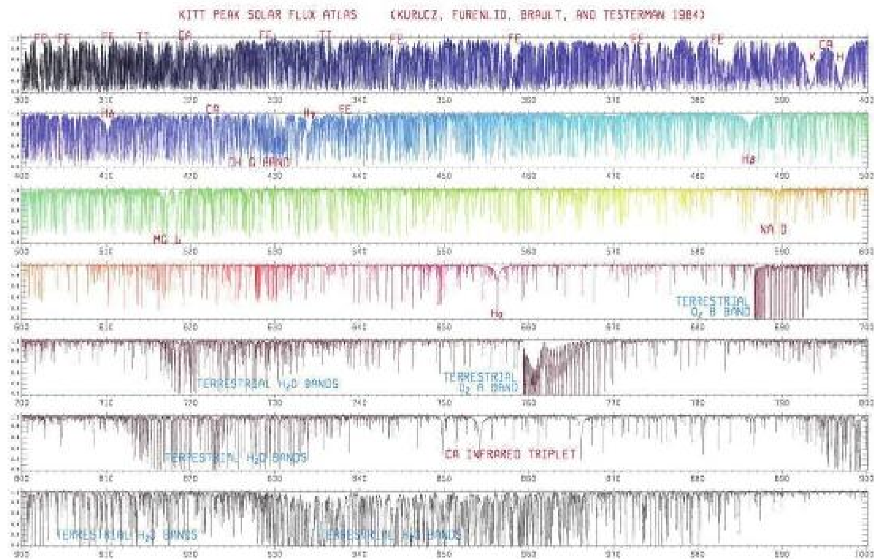
夫琅和费证认的谱线

这幅图中炫丽的彩色条码图就是我们通过分辨本领极高的光谱仪看到的太阳，也就是太阳的二维光谱。里面的每一行都是我们的眼睛看到的不同颜色的星光。我们在光谱中看到的这些暗线其实是炽热的星光穿过较冷的外层气体时，在特定波长产生的吸收，每一条暗线都隐藏着某种元素在星光中留下的独特信息。其他恒星的光谱也具有大体相似的结构。它们看起来与人类基因图谱颇有几分相似，而恰巧这里面也确实隐藏了恒星的基因。



太阳的二维光谱

怎么提取恒星的基因呢？这就需要用到我们在天文研究中更常见的一维光谱了，形如下图所示。它看起来有点索然无味，但是其作用却不容小觑。通过测量这些谱线的强度，我们不仅能够知道这颗恒星制造了哪些元素、制造了多少，结合恒星的外层结构，我们还能推断出它的质量、年龄、出生地，甚至它是否与其他恒星发生过激烈冲突等信息。所以恒星光谱其实是天文学家刺探恒星秘密、提取恒星DNA的一大利器。



太阳的一维光谱

300年前，法国哲学家孔德曾预言，恒星的化学成分是人类永远无法拥有的知识。而今天，天文学家已将光谱技法用到炉火纯青，并借助这种手段认识到了许多天体隐藏着的重要性质。因此，光谱观测的设备几乎成为世界上所有重要望远镜乃至下一代甚大望远镜的标配。而我国也有一台我们自主设计并建造运行的光谱观测能手——位于中国科学院国家天文台兴隆观测站的郭守敬望远镜，它已经成功获得了超过1000万条天体光谱。天文学家将通过这些光谱为我们揭示更多关于银河系的故事与奥秘。

银拱下的郭守敬望远镜

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 精彩专题
8. 太阳系
9. 恒星
10. 星云
11. 星系
12. 我们的奇异宇宙
13. 译者后记：揭秘天体的光谱

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文

BBC

BBC夜空探索

MAN IN SPACE

宇航员传奇

[英] BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*) 杂志 编

郑征 译

我们用这本书来纪念人类进入地球轨道并冲向更远征途的旅程，本书中既有帮助我们逃脱地球引力的早期火箭工程师的故事，也有那些大胆冲向未知的英雄的故事。


中国工信出版集团


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

BBC BBC夜空探索

MAN IN SPACE

宇航员传奇

[英]BBC《仰望夜空》(Sky at Night)杂志 编郑征　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（**CIP**）数据
宇航员传奇/英国BBC《仰望夜空》杂志编；郑征译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50661-0
I.①宇… II.①英…②郑… III.①航天员—普及读物 IV.①V527-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第019391号
版权声明
Sky at Night: Man in space
Originally published in the English language by Immediate Media Co. Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co. Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © POSTS & TELECOM PRESS Co., LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence.BBC logo © BBC 1996.
◆编 [英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 郑征
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：7.25 2019年8月第1版
字数：245千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3878号
定价：49.00元
读者服务热线：**(010)81055410** 印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**

广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
最初的步伐
现代航天之父
早期
第一名太空人
    图说尤里·加加林：第一个进入太空的人
单人飞行
太空竞赛
认识水星计划七人组
    图说太空竞赛（1961—1963年）：东方计划与水星计划
下一步
太空中的协作
    图说太空竞赛（1964—1966年）：上升计划和双子座计划
月球的两面
登月竞赛
阿波罗计划
    图说太空竞赛（1968—1972年）：阿波罗计划
太空起居录
从空间站到空间站
    图说首批空间站：礼炮号和天空实验室
新的翅膀
第一架航天飞机
    图说航天飞机（1979—2011年）:NASA的航天飞机
太空联盟
一座空间站的诞生
    图说太空基地（1986—2017年）：和平号与国际空间站
飞向未来
载人航天的未来
译者后记：“颜色”的秘密

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在 BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是 BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了50多年来人类进入太空、探索太空的进程和故事，涉及历史上诸多的知名宇航员以及他们的工作成果。同时还讲解了水星计划、双子座计划、阿波罗计划、太空实验室、礼炮号空间站、和平号空间站和国际空间站等相关内容。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



美国国家航空航天局（NASA）宇航员特雷西·凯德威尔·戴森正透过国际空间站穹顶舱的360度全景天窗欣赏美丽的地球。



不久之前，我去听了克里斯·哈德菲尔德的演讲报告。哈德菲尔德是第一位进行太空行走的加拿大人。他是国际空间站第35次太空远征行动的指挥官，也是一个真正的社交媒体人，他以在太空中每天发一条推特的方式征服了整个互联网。

哈德菲尔德的故事充满了雄心与成功，但是据他说，没有一件事是心血来潮就能做成的。有两件事引领他走上了现在的职业道路：一个是儿时观看的《星际迷航》，里面的柯克船长经历的冒险，让他感觉到太空是那么酷；另一个是尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林在1969年登上月球，这让他意识到太空探索并不只存在于科幻小说作家的幻想之中，而是一种真正可以去做的事，而且有人正在实实在在地为之努力。于是他问自己："为什么我就不能成为他们中的一员呢？"

就像很多现代的宇航员一样，在哈德菲尔德之前也有很多前辈，而正是他们的故事组成了这本书。我们用这本书来纪念人类进入地球轨道并冲向更远征途的旅程，本书中既有帮助我们摆脱地球引力的早期火箭工程师的故事，也有大胆冲向未知空间的英雄们的故事。他们中的有些人进行过多次太空旅行，而另一些人再也没能回来。

1961年4月12日，尤里·加加林成为第一个进入太空的人。他的那次飞行时间很短，只绕地球飞行了一圈，从发射到落地共用了108分钟。当时没人知道这次旅行会对加加林的身体造成什么样的影响，他是否对宇宙射线有所恐惧，抑或东方1号太空飞船是否能够承受这次旅行。当然，最终这次旅行圆满成功，开启了一个全新的时代。

后加加林时代的早期活动大都是探索性质的实验，之后很快迎来了美国与苏联的太空竞赛。这两个互相敌对的大国都誓要成为第一个将人类送上月球的国家。阿波罗11号为美国赢得了这场比赛，而苏联则将兴趣转向了无人探索。之后就是各种太空实验室，如礼炮计划和天空实验室计划，以及第一个空间站和平号空间站。所有这一切都为我们现在的国际空间站的建设与维护铺平了道路。我们当下正处在激动人心的未来的起点，越来越多的国家开始计划载人太空飞行任务，而私人企业也不断提出更加大胆的新想法。

今天，我们仍然在等待20世纪60年代的一些梦想成为现实，希望殖民月球、登陆火星、大批量太空旅行成为常态。而在这些目标实现之前，我们还有大量的工作要做。我希望通过本书向你们展示：我们之前所取得的进展本身就是非常伟大的成就。

Kev

凯夫·洛春

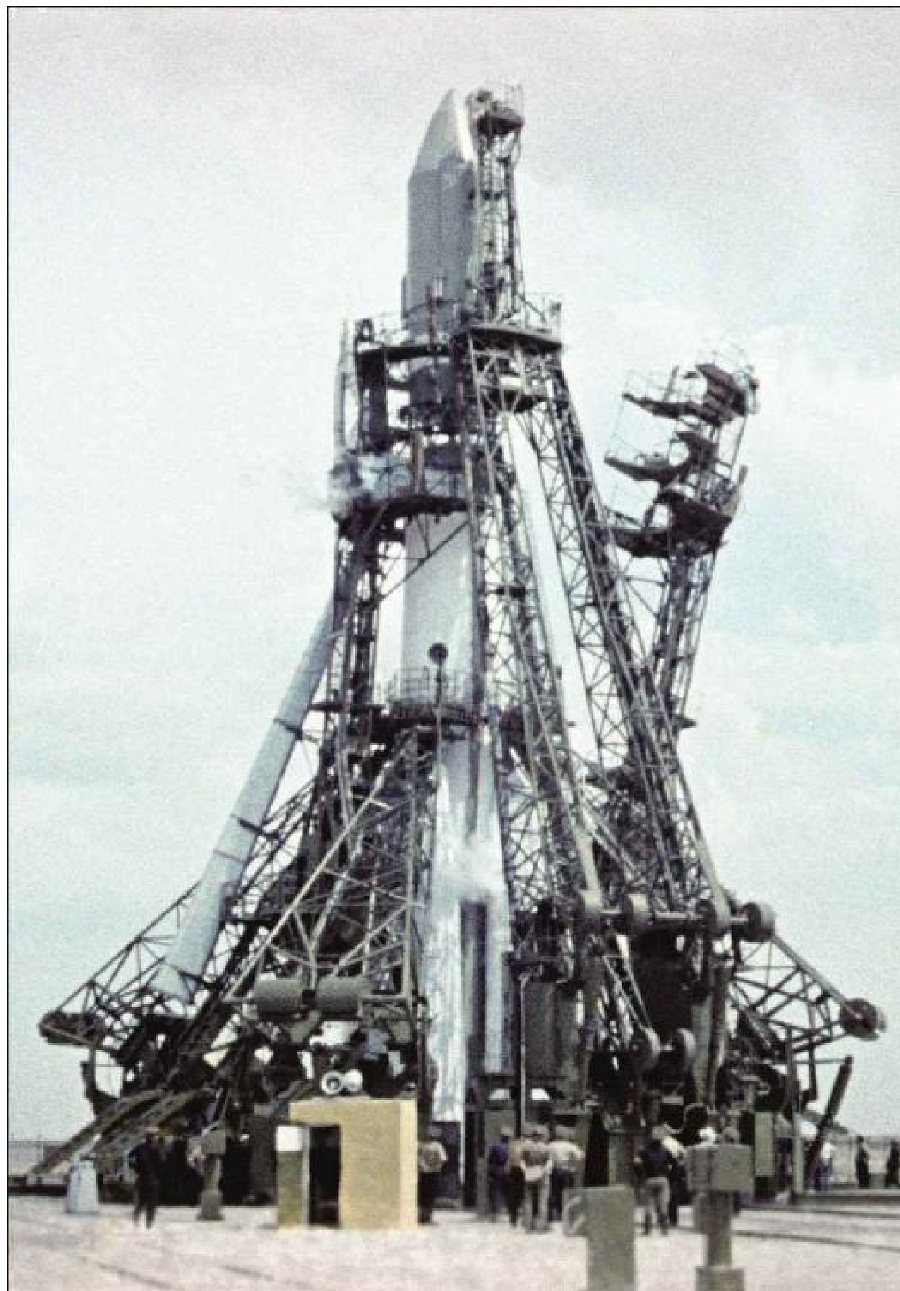
BBC《仰望夜空》杂志编辑

最初的步伐

尤里·加加林乘坐的太空飞船的发射，距离之前第二次世界大战中希特勒毁灭性的V-2 导弹的发射只有17年时间。在这17年间，美国和苏联竞相利用德国的技术来制造足以打击到对方境内的弹道导弹。不过后来证明，这些导弹也足以将卫星和人类送入太空。



由于借助了一个叫作载人机动装置的“喷气式背包”，布鲁斯·麦克坎德雷斯二世得以在1984年的一次任务中从太空飞船走出并行走了前所未有的距离 。



工程师们在位于哈萨克斯坦的拜科努尔发射场为东方1号的发射做准备。

现代航天之父

韦纳·冯·布劳恩和谢尔盖·科罗廖夫做梦都想将火箭发射到星空中去。在军方资金的支持下，他们都实现了一系列的突破，最终将人类送上了太空轨道。



1962年，韦纳·冯·布劳恩在他位于美国华盛顿特区的办公室里。

韦纳·冯·布劳恩

这位德国火箭专家在帮助美国实现登月计划之前，曾经在第二次世界大战中开发了V-2导弹。





冯·布劳恩与沃尔特·迪士尼（左）合作录制电视节目。

韦纳·冯·布劳恩也许是个有争议的人，但他也是美苏太空竞赛中的关键人物。他于1912年出生在普鲁士维尔西茨（现属波兰）的一个贵族家庭。他在十几岁的时候就受到德国物理学家赫尔曼·奥伯特工作的启发，后来成了一名火箭专家。

他于1934年拿到了火箭燃烧学的博士学位，而就在一年之前，希特勒接管了他的家乡。他随后便加入了纳粹党，并成为德国火箭计划的技

术总监，工作基地位于波罗的海沿岸的佩纳明德小镇。他在1942年之前就开发出了恶名远扬的V-2导弹，这种导弹在伦敦大轰炸中给伦敦造成了巨大的破坏。而几乎同样臭名昭著的是，此导弹的研制过程中使用了大批苦工，这成为冯·布劳恩后半生中一直为人诟病的问题。

冯·布劳恩和他的团队在战后不但没有被当作战犯处理，反而通过“回形针行动”被秘密而迅速地转移到了美国。“回形针行动”的目的就是招募德国科学家为美国的火箭计划服务。

这些科学家意识到，如果想要继续之前的研制工作，为美国工作将是最好的选择。德国此时已经是一片废墟，英国的火箭项目才刚刚起步，而整个团队如果落入苏联手中则更是凶多吉少。在向美国军方展示了V-2导弹之后，冯·布劳恩于1950年成为亚拉巴马州红石兵工厂导弹研发小组的技术总监。

大众对冯·布劳恩的看法随着沃尔特·迪士尼在1954年的一个提议起了变化。沃尔特当时正急于向美国“婴儿潮”一代的父母们推销他新建的迪士尼乐园主题公园，他请了台风极好的冯·布劳恩来主持《太空人》——一档用来推销迪士尼乐园梦幻主题公园的电视广告节目。冯·布劳恩由此成为一个太空宣传者，向4200万虔诚的观众宣传太空。

1960年，冯·布劳恩成为NASA马歇尔太空飞行中心的第一任主任，并站在了太空竞赛舞台的中心。他与冷战中的竞争对手谢尔盖·科罗廖夫从未谋面。而随着1966年科罗廖夫的去世，苏联的竞争力也就不复存在了。冯·布劳恩研发出的火箭不仅在1969年第一次将人类带到了月球表面，而且在水星计划、双子座计划、阿波罗计划等太空项目中都处于核心地位。如果不是冯·布劳恩坚持要做额外的安全测试，艾伦·谢泼德乘坐的自由7号将比尤里·加加林的东方1号早3个星期升入太空。

在成功登月之后，美国对太空项目的热情冷却了下来，而冯·布劳恩也在1977年怀着他进军火星的梦想含恨离世。不过如果他还活着的话，情况可能会更加糟糕，因为他之前为纳粹政权服务的相关文件在1984年被解密了。他的一生充满了争议，但是毫无疑问的是他的智慧无比耀眼。

韦纳·冯·布劳恩（**1912—1977**年）

1912年3月23日，出生于普鲁士的维尔西茨（现属波兰）

1925年受赫尔曼·奥伯特的启发开始研究火箭和太空飞行

1930年进入柏林技术大学学习

1934年大学毕业

1937年成为佩纳明德火箭研究中心技术总监

1937年加入纳粹党

1940年加入党卫军

1943年在佩纳明德研制V-2导弹时引入苦工

1944年被盖世太保（德语的“国家秘密警察”缩写Gestapo的音译）以“同情共产主义者”的罪名逮捕，后被希特勒下令释放

1945年向美军投降并被秘密转移到美国进行美国火箭的研发

1947年短暂回到德国与其表妹玛利亚·路易斯·冯·奎施托普举行婚礼

1950年开始研发红石火箭，后被用于水星载人太空飞船

1955年成为美国公民

1955年主持关于迪士尼主题乐园的电视节目《太空人》

1958年利用改进版红石火箭发射了西方的第一颗卫星—探索者1号

1960年成为马歇尔太空飞行中心的主任

1960—1969年为阿波罗计划开发了土星火箭

1969年乐观估计土星5号可以用来登陆火星

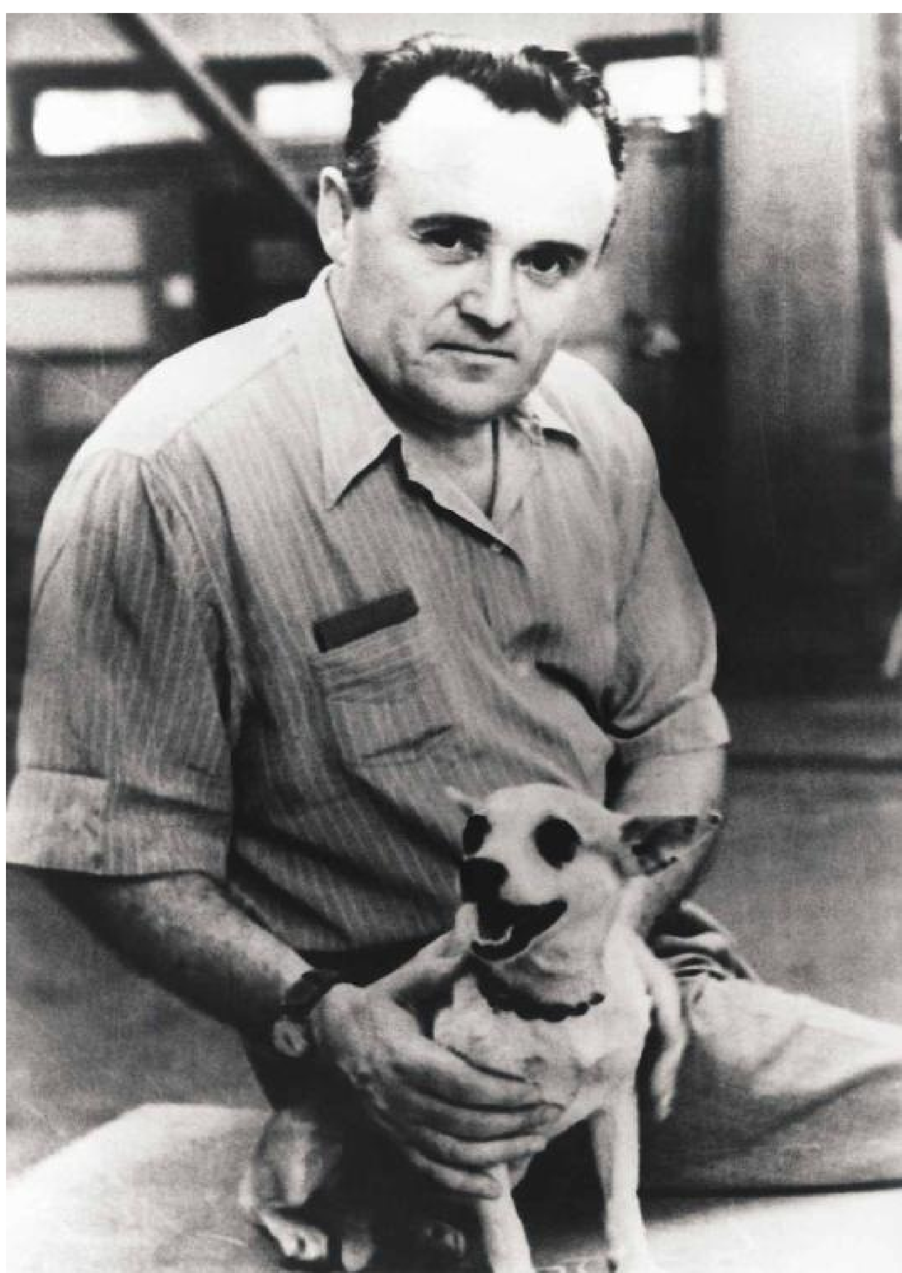
1970年被任命为NASA主管计划的副助理管理员

1972年由于资金削减而退休

1973年被诊断为肾癌

1975年创建国家太空协会并成为会长

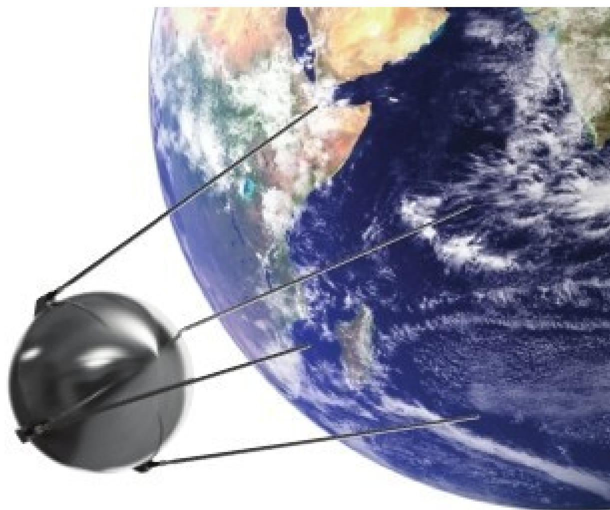
1977年6月16日死于胰腺癌，享年65岁



谢尔盖·科罗廖夫与一只太空实验狗，此狗为众多被用来做太空生存测试的狗之一。

谢尔盖·科罗廖夫

科罗廖夫帮助苏联取得了太空竞赛的胜利。





科罗廖夫（左）和喷气推进研究协会的其他成员正在进行火箭测试。

谢尔盖·科罗廖夫的一生可以说是大起大落。他既受到过政府的迫害，也受到过政府很高的嘉奖。虽然他的成就很大，但是因为苏联政府严格的保密工作，他一生都没能获得很广泛的认可。

他出生于乌克兰日托米尔的一个小村庄。他父母的婚姻并不幸福，两人很快就离了婚，从此他就被告知父亲保罗·科罗廖夫已经死了，其实他父亲一直活到了1929年，但是父子一直未联系。

在那之后，他的母亲又有了一段幸福的婚姻，并将全家搬到了敖德萨，谢尔盖在那里的一所建筑学校学习木工。不过这些并没能限制他的创造力，他加入了乌克兰和克里米亚航空与导航协会，并在那里取得了飞行执照。之后，他的热情完全被飞行点燃了，他与弗里德里希·灿德尔等人一起创办了喷气推进研究协会。喷气推进研究协会是苏联第一个真正研究喷气推进技术的学术机构。他成为该协会的首席设计师，但马上他一生中最黑暗的日子就要来临。

在没有任何警告的情况下，他被秘密警察逮捕了。他被指控犯了颠覆政府罪，并被关在西伯利亚的一个古拉格，也就是劳改营。他在那里饱受殴打与酷刑，他所有的牙齿都被打掉，膝盖严重损伤，心脏也受到了损害。不过他竟然挺了过来，之后，他被转移到一个刑罚较轻的营地，在那里他还被允许做科学研究。1944年，他终于被释放，罪名被推翻，但是直到多年以后他才被完全赦免。

恢复自由之后，他的事业蒸蒸日上。他成为苏联火箭业的首要人物，还策划了第一颗人造地球卫星—斯普特尼克1号的研制与发射工作。此卫星在轨道上发出的无线电广播震惊了美国。

在帮助尤里·加加林和其他一些早期宇航员成功进行太空飞行之后，他将工作重心转移到了登月上面，不过那时他的生命已经时日不多。在劳改营所遭受的殴打以及之后的繁重工作对身体的影响从1961年开始显现，他的健康情况急剧恶化。

他于1966年在莫斯科的一家医院去世—也许是死于癌症，也许是死于手术事故。没有科罗廖夫的苏联太空项目举步维艰，所有近期的登月计划都被迫放弃。如果科罗廖夫能活得更久一点，也许我们所讲述的故事会截然不同。

他结过两次婚，与第二任妻子妮娜育有一女，名叫娜塔莎。终其一生，他虽然在苏联之外鲜为人知，但在国内却获得了很多荣誉与嘉奖，包括苏联科学院的列宁勋章。他的名字也将永存—被用来命名月球背面的一个环形山和一颗小行星。

谢尔盖·科罗廖夫（**1907—1966**年）

1907年1月12日出生于乌克兰日托米尔

1917年搬到敖德萨并进入建筑学校学习

1923年在敖德萨加入航空与导航协会并开始学习飞行

1924年设计了他的第一架滑翔机

1930年获得飞行执照

1931年与灿德尔等人创立了喷气推进研究协会

1933年喷气推进研究协会与另一个实验室合并为喷气推进研究所

1934年出版他的第一本书《平流层火箭飞行》

1935年被任命为喷气推进研究所所长

1938年被苏联警察逮捕并被送进古拉格

1942年迁入沙拉实卡（知识分子劳改营）

1944年被释放，之前的罪名被取消

1945年获得荣誉徽章，并被派到德国学习火箭技术

1947年被任命为苏联火箭项目首席设计师

1952年加入苏联共产党

1953年提出发射人造地球卫星的计划

1957年5月15日进行第一次R-7火箭测试，结果火箭坠毁，但是在当年的晚些时候飞行成功

1957年10月4日组织了第一颗人造卫星斯普特尼克1号的发射

1957年11月3日第一次将一只动物（小狗莱卡）送入太空

1959年组织了无人月球探测器月球1号的探月行动

1959年开始开发N1—一个不成功的载人登月火箭

1961年4月12日尤里·加加林进行了人类第一次地球轨道飞行

1965年3月18日阿列克谢·列昂诺夫进行了人类第一次太空行走

1966年1月14日于莫斯科逝世

早期

苏联的火箭项目在20世纪50年代后期处于全盛时期，这为加加林历史性的飞行奠定了基础。

文：皮尔斯·毕松尼

谢尔盖·科罗廖夫最伟大的创造是R-7两用导弹，它也被制造者们爱称为塞姆约卡（“小七”）。这是世界上第一款洲际弹道导弹，它以液氧和煤油为燃料，在主体外面还平行挂载了4个可分离的助推器。在当时，太空探索火箭只是战争武器研制的副产品。

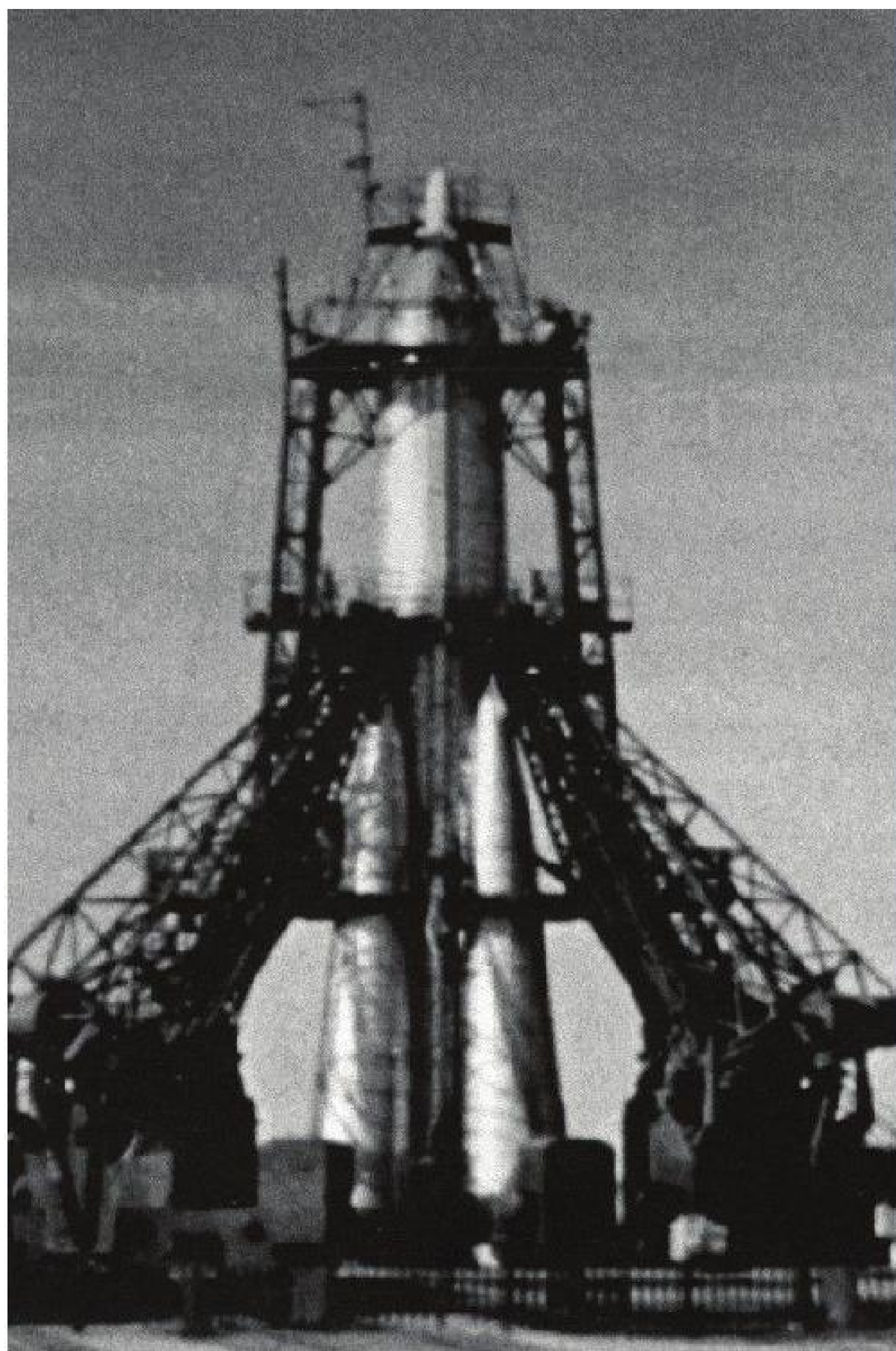
在导弹的尾部，或者说“基座”上，安装了瓦伦丁·格鲁什科设计的发动机。它小巧的涡轮燃料泵和巧妙的管道系统可以同时伺服4个燃烧室。R-7导弹表面上看起来有20个推进器，其实它只有5个发动机，每个发动机有4个喷头。这款粗糙却可靠的导弹是联盟号火箭的基础，而联盟号至今仍在俄罗斯服役，将俄罗斯新一代的太空舱运送至国际空间站。

R-7的前两次发射都以失败告终，但是1957年8月它在苏联境内成功进行了一次核弹袭击演习。仅仅几周之后，它就开始了作为太空火箭的生涯。在当年的10月4日，它发射了斯普特尼克1号，世界上第一颗人造卫星。斯普特尼克2号于11月3日升空，并携带了小狗莱卡——一个能够呼吸的活物。从这一天开始，至少从理论上，将人类运送到太空才变得更加可能。

阿波罗11号宇航员巴兹的儿子太空历史学家安迪·奥尔德林认为，这些早期的成功都应归功于科罗廖夫的“狡诈”。“是科罗廖夫一手造就了这些导弹项目运营人员的事业，虽然他们并不想聘任他。他们中的许多人并不怎么懂得火箭技术，因此只能依赖于他。”

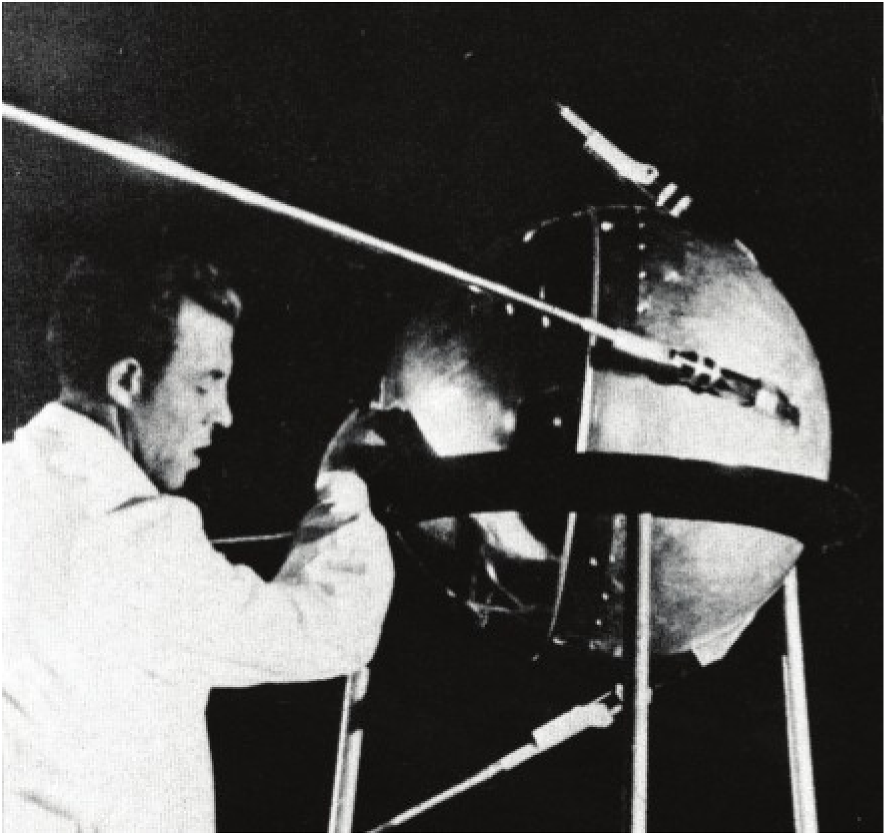
虽然科罗廖夫具有绝对的权威，但是他在进入苏联太空工业最高层的道路上仍然有其他危险的“敌手”。瓦伦丁·格鲁什科在当时是苏联最好的火箭发动机设计师，拥有自己的专家团队。在将他的动力设备融入科罗廖夫的推进器的过程中，他们两个没有产生矛盾，不过私下里这两个

人则互相厌恶。米哈伊尔·杨格尔是另一个“敌人”，他在乌克兰的团队正在开发另一种导弹系统。而苏联火箭业的第四巨头，弗拉基米尔·切洛梅则负责研发质子火箭——一种比R-7更强大的火箭。



斯普特尼克2号上，小狗莱卡正在顺从地等待发射，它即将成为第一个进入太空轨道的

活的动物。



技术人员完成了斯普特尼克1号的最后组装。这是世界上第一颗人造卫星，也是对美国的警告。



水星-红石火箭于1961年1月31日从美国佛罗里达州发射，它携带了一只叫作汉姆的黑猩猩。

杨格尔的R-16导弹在最终服役之前制造了一起苏联最大的火箭灾

难。1960年10月24日，当时R-16正在准备它的第一次飞行，一个过早的指令信号导致它的上半部分提前点火，将下半部分的顶端烧出了一个洞。巨大的爆炸威力使得竖立塔架上的所有人当场死亡；而地面则被黏稠的正在燃烧的燃料所淹没，地面工作人员在试图撤离的时候，脚都被粘在了熔化了的沥青上面。

有100多人在此次事故中丧生，包括指挥官米特罗凡·涅杰林元帅。他当时正坐在发射架附近的一把椅子上，一股剧烈燃烧的化学物质向他横扫过来。虽然科罗廖夫的团队并没有受到直接的影响，但是遇难者里面有许多年轻的技术人员，这使得参与太空项目的各设计局都损失了大批人才。

小心

谢尔盖·科罗廖夫的权力由于1957年斯普特尼克号的成功发射而被大大强化。克里姆林宫方面催促他用R-7创造更多的太空奇迹。军方的意见却与此相左，他们坚持R-7应该用来加强国防。为了避免与军方的冲突，科罗廖夫提出了间谍卫星的想法，即苏联在使用间谍相机拍照之前，首先应该将视力绝佳的宇航员送入太空去探查一番。

克里姆林宫方面相信了科罗廖夫的话，不过对太空探索项目的支持也让科罗廖夫付出了代价—大大损害了他的健康。他不得不更努力地工作以获取新的成功。



科罗廖夫（左二）和格鲁什科（左三）是苏联太空活动中关系不太融洽的合作伙伴。

受斯普特尼克号的刺激，美国也开始有所动作了。NASA于1958年正式成立，并从它的各个前身组织中继承了载人航天的思想。NASA当时完成得最好的一个项目是水星计划。水星太空舱由一个小小的被放在红石导弹顶部的锥形舱构成。红石基本上是基于韦纳·冯·布劳恩在第二次世界大战中研制的臭名昭著的V-2导弹改造而成的。

尽管很多美国人质疑这种为了探索而探索的行动的意义，NASA还是在1959年4月宣布已为水星计划遴选了7位宇航员。不过他们时运不济，科罗廖夫已经准备好了他的东方1号太空飞船，而尤里·加加林的太空飞行仅仅比艾伦·谢泼德提前了3个星期进行。



1957年11月，莱卡正在为它的飞行做准备，几个小时后，它死在了太空轨道上。



汉姆坐在水星太空舱内的生物座椅上，准备进行它的亚轨道飞行。

第一名太空人

第一个飞出地球大气层的人 —尤里·加加林的生活与时代。

文：皮尔斯·毕松尼



1961年4月12日，尤里·加加林和戈尔曼·季托夫穿着宇航服、戴着头盔，乘坐大巴车去往东方1号发射场。

尤里·阿列克谢耶维奇·加加林于1934年3月9日出生于莫斯科以西160千米处的克卢希诺镇。他的父亲阿列克谢·伊万诺维奇和他的母亲安娜·蒂莫菲耶夫娜在一个集体农场里生活和工作。父亲是售货员，母亲负责挤奶。他的哥哥瓦伦丁比他大10岁，姐姐左娅比他大7岁，他还有一个弟弟波利斯出生于1936年。

苏联将加加林一家定性为农民，不过，这只是克里姆林宫方面的对外宣传而已。安娜·蒂莫菲耶夫娜的父亲是一个资深的石油钻井管理员，安娜也受到了良好的教育。而阿列克谢是一个能干的手艺人，小尤里在父亲那里学到了很多实用的技能。但是这一切在1941年夏天德国军队入侵苏联之后都改变了。这个夏天的战争是短暂的，但是随之而来的是被

德国长期悲惨的占领，以及交战双方惨重的伤亡。

虽然在前进的路途中一直受到苏联军队的反击，德国军队最终还是到达了克卢希诺镇。随着战争的进行，尤里和他的兄弟们见证了各种恐怖事件。德国人在克卢希诺镇扎营过冬，加加林一家的房子也被征用，他们被迫住在简陋的收容所。曾经有一段时间，尤里试图报复—他向德国坦克的滤水管里倒入泥巴，由此损坏了很多坦克电池。1943年，瓦伦丁和左娅被党卫军绑走，并被扔进向德国运送奴隶的“儿童列车”。尤里直到战争结束之后才再次见到他们。

不过他也有一个令人愉快的战时记忆，那就是飞机飞过头顶，或是降落在附近等待维修的场景。当一切步入正轨之后，加加林一家搬到了附近的吉兹哈斯科，尤里在那里开始上学。学校的一名老师—列夫·贝斯巴甫洛夫曾经是苏联红军空军的炮兵，他成为尤里的启蒙老师。



加加林（右后）与他的父母、兄弟瓦伦丁和波利斯以及姐姐左娅的家庭合照。

1950年，尤里成为位于莫斯科的柳别尔齐钢铁厂的学徒，然后很快就被转到伏尔加河沿岸的港口城市—萨拉托夫的一所技术学校。他在周末自发地去参加苏联的空军学校训练。他首次飞行的座驾是一架老式有弦的双翼飞机，这改变了他的命运。到1955年年底之前，他已经可以驾驶一架稍微现代一些的雅克18飞机独自飞行了。此时他被推荐到了奥伦堡军事飞行学校。

独立飞行

他的第一次独立飞行任务是在1957年3月26日进行的，驾驶的是一架米格15。此时，他脑中除了飞行就只有瓦莲京娜·瓦尔娅·格尔雅切娃，一个美丽而羞涩的医护技师。在那年的10月，尤里和瓦尔娅正在准备他们的婚礼，因此忽略了轰动全国的大新闻：苏联发射了第一颗人造卫星斯普特尼克1号。



1960年6月，尤里和妻子瓦尔娅以及长女莱娜在沙滩上。

加加林中尉于1957年11月6日在奥伦堡毕业。之后他和瓦尔娅一起被派到了位于摩尔曼斯克北端的罗斯塔利空军基地，这里深入北极圈内300千米。他在此驾驶米格15执行侦察任务。罗斯塔利空军基地的飞行条件极其糟糕，加加林的朋友尤里·德尔古诺夫在到那儿的第一个月就牺牲了。瓦尔娅也很讨厌这个偏僻之地，这里温度常年处于零摄氏度以下，寒风刺骨，夜晚也出奇的长。1959年4月10日，她在这里生下了他们的第一个女儿—莱娜。

1959年10月，一个神秘的招募队在没有提前通知的情况下进驻了苏联所有的主要空军基地，包括罗斯塔利。虽然他们并没有明确说明招募的目的，但是加加林还是很高兴能有新的选择。于是他报名参加了去莫斯科的活动，在那里他将会受到进一步评估，看是否适合驾驶一个新的秘密飞行器。他和瓦尔娅都觉得，不管新的任务是什么，肯定都会比待在罗斯塔利好。

这项秘密任务就是组建第一批宇航员小队。1960年年底，加加林成为两个最有力的竞争者之一，最后的胜出者将乘坐东方1号太空飞船飞入太空。他的竞争者是戈尔曼·季托夫，不过克里姆林宫方面觉得加加林的农民出身比季托夫惹眼的中产阶级背景要好，因此加加林被获准执行这次任务。1961年4月12日，他作为第一个进入太空的人而被载入史册。



加加林总会被飞机吸引，照片为他坐在飞行学校的一架飞机的驾驶舱内。摄于1955年前后。

后期的生涯

加加林回到地球之后就在苏联大力的宣传下开始了没完没了的全球巡回演讲。这些行程让瓦尔娅觉得难以忍受，特别是当她的丈夫的大部分精力都耗费在美酒和女人方面的时候。加加林非常渴望能够再次飞行，但他却被当作珍稀动物保护起来，不允许再在新的任务中冒险。不过当赫鲁晓夫在1964年被迫退位，列昂尼德·勃列日涅夫入主克里姆林宫之后，加加林又被允许继续工作了。

1966年1月，加加林和他的好友、宇航员同事—阿列克谢·列昂诺夫去他们的上司谢尔盖·科罗廖夫的家里探访。这位“首席设计师”明显已经病得很厉害，而且也疲惫不堪了。在灌下几杯伏特加之后，年轻的宇航员们开始听科罗廖夫讲述他的早期生涯、含冤入狱以及在古拉格骇人听

闻的经历。那天晚上，加加林是带着深思和愤怒离开科罗廖夫家的。几天之后，科罗廖夫就在医院里去世了。

之后，加加林受命带领一组工程师去检修新的联盟号太空飞船。联盟号是科罗廖夫之前设计、最终被一些水平没那么高的工程师们完成的。加加林发现这艘飞船存在很多制造上的失误，但是克格勃（即苏联国家安全委员会）的介入使得克里姆林宫里的勃列日涅夫对这些问题毫不知情。勃列日涅夫期望联盟号能及时发射，以便可以赶上1967年的“五一”劳动节，没人敢对此提出反对意见。



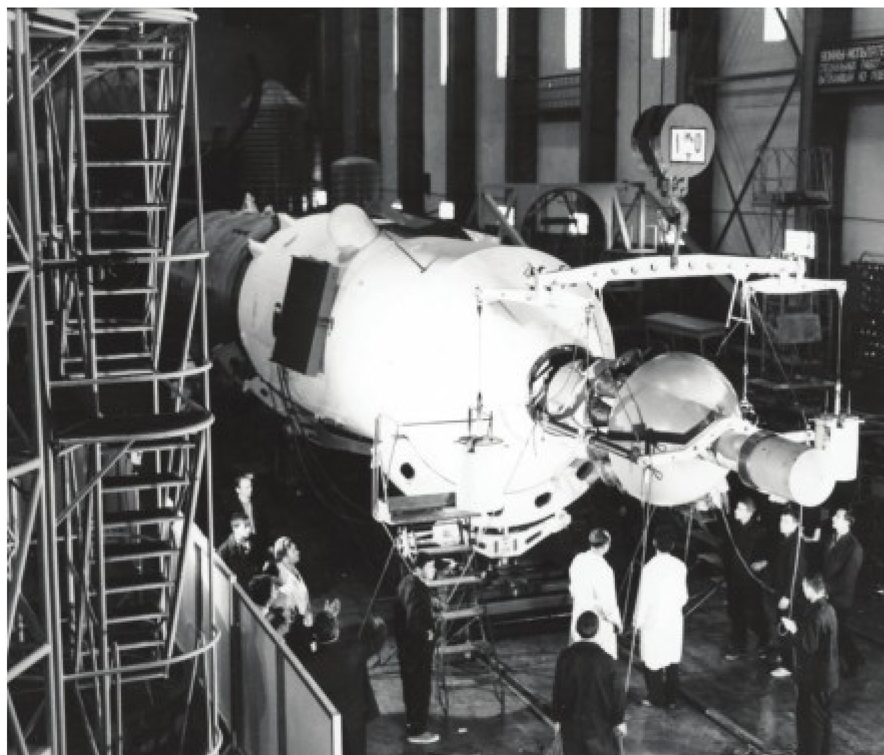
加加林在太空飞行之后进行世界巡回演讲。图为1962年9月6日他作为一个前钢铁厂工人对列宁格勒（现圣彼得堡）钢铁厂的工人进行演讲。

联盟1号载着弗拉迪米尔·科马洛夫于1967年4月23日发射。当时多个系统都发生了故障，当科马洛夫于次日再次进入地球大气层的时候，降落伞系统发生故障，飞船像流星一样击中地面，导致他当场死亡。

最后的日子

虽然非常愤怒，但是加加林仍然急切地想重返太空，于是他决定重温他的驾驶技能。1968年3月27日，他从奇卡洛夫斯基空军基地驾驶一架两座的米格15UTI喷气式飞机起飞，副驾驶是他的教练弗拉迪米尔·塞卢金。在恶劣的天气和低能见度的影响下，他们的飞机坠毁在了莫斯科东北部约100千米处的树林里，两人皆遇难。在这之后，阿列克谢·列昂诺夫花了几个月的时间试图寻找空难的真相。由于地面控制人员的粗心

大意，另一架更强大的新型双发动机苏克霍伊战斗机飞得离他们太近，导致加加林的米格飞机被卷入它的滑流，从而失控。加加林英年早逝，但他永远不会被人们遗忘。没人能够否认他作为国际大使的魅力、他对朋友的忠心以及对妻子和家庭的爱，虽然他也曾经热衷于成为大明星。总之，他曾经是，也将一直是人类进入太空的第一人。



在之后的生涯里，加加林帮助建造了联盟号太空飞船。图为20世纪60年代他在拜科努尔航天发射场。



加加林的形象被镌刻在俄罗斯的2卢布硬币上，他始终是一个世界偶像。



降落在苏联萨拉托夫地区的被烧焦的东方1号返回舱。

图说尤里·加加林：第一个进入太空的人



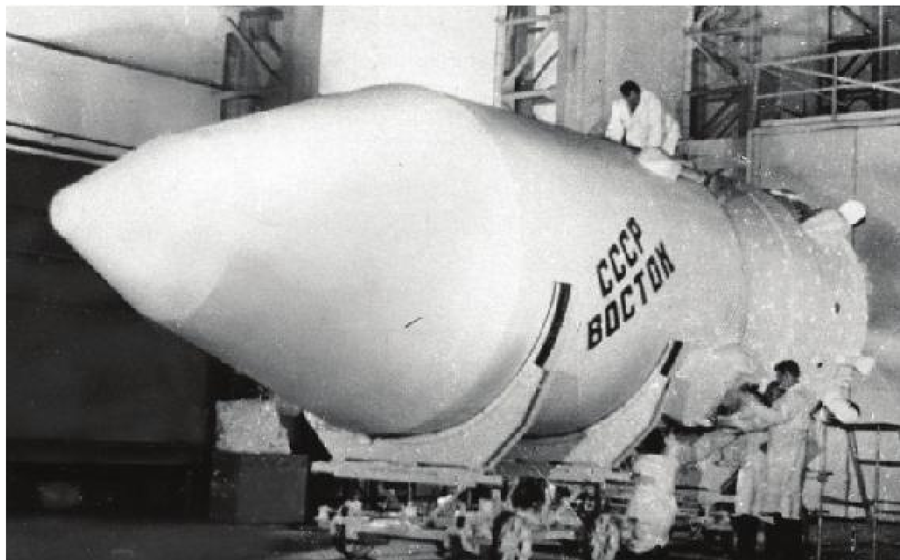
1960年，加加林在为下一年的太空飞行而游泳健身。



1960年，加加林在契卡洛夫斯卡娅空军基地为太空飞行任务进行降落伞训练。



1959年，25岁的加加林在苏联宇航员训练基地（星城）进行医疗体检。



太空飞船在加加林飞行之前进行最后的检测，侧面的文字意思为“苏联东方号”。



起飞之前，加加林在舱内，发射因修整舱口而稍有延迟。



1961年4月12日，装载着东方1号的R-7火箭从哈萨克斯坦的拜科努尔航天发射场点火起飞。加加林的太空飞行持续了108分钟。



降落在苏联萨拉托夫地区的东方1号返回舱。加加林并不在舱内，他在距地面7千米处时离开返回舱靠降落伞降落。



加加林穿着他的宇航服，在回到地面之后受到苏联士兵的热烈欢迎。



苏联领导人尼基塔·赫鲁晓夫在观看一份关于宇航员事迹的报告。加加林和妻子瓦尔娅（左）也在观看。



加加林在太空飞行之后巡游世界。图为他拥抱古巴领导人菲德尔·卡斯特罗。



加加林再一次在高处欣赏地球美景，这次是1963年9月28日在巴黎埃菲尔铁塔上。



加加林在1961年莫斯科第二届国际电影节上被介绍给意大利女演员珍娜·露露布莉姬妲。



刚刚晋升的加加林上 校 在1961年7月13日访问伦敦的英国海洋军事部时与英国首相哈罗德·麦克米兰会面。

单人飞行

也许美国输掉了首次将人类送入太空的比赛，但是其很快就在太空竞赛中大力还击。20世纪60年代初，美苏这两个超级霸权之间不停的技术争锋使其取得了非凡的工程上的功绩。在此期间，人们的耐力被推至极限，而宇航员则成为举世瞩目的大明星。



在太空中环绕地球飞行的第一个美国人—约翰·格伦，在友谊7号发射前爬进太空舱。

太空竞赛

NASA的水星计划要让宇航员们在太空轨道中进行实验，而苏联的东方计划则创造了新的太空纪录。

文：肖恩·布莱尔



水星-宇宙神号火箭将友谊7号射入轨道。太空舱内搭载着约翰·格伦。

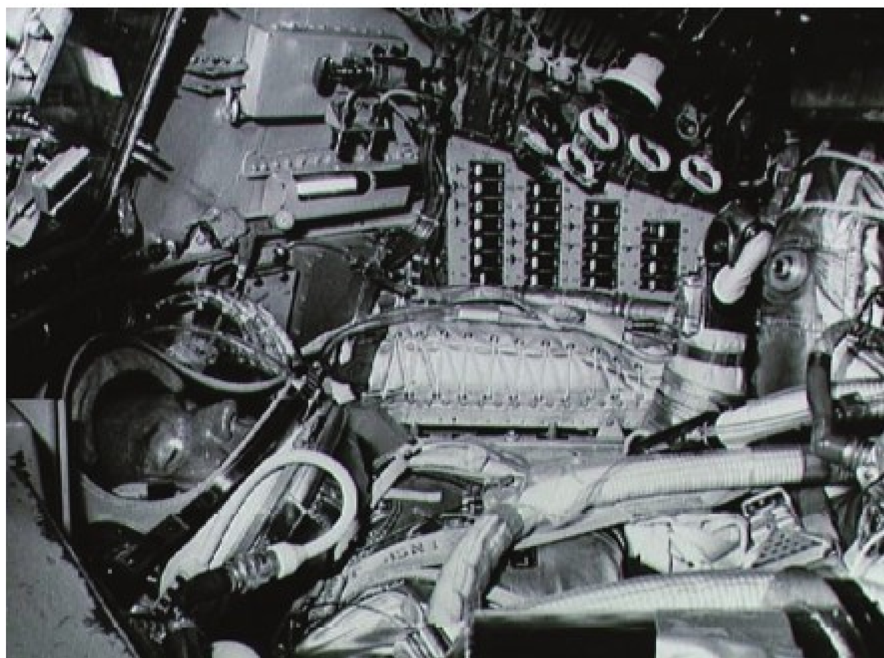
苏联最高领导人尼基塔·赫鲁晓夫在尤里·加加林的108分钟绕地飞行之后自豪地宣称："让整个世界看看我们伟大祖国的成就，让资本主义国家来追赶我们吧！"

在美国，水星计划也正是为了此事。在从美国空军转到新成立的NASA之前，它被称作"人类最早进入太空"的计划。水星计划在1961年1

月送了一个黑猩猩进入太空，然后差点就抢在加加林4月12日的飞行之前把一名宇航员送入亚轨道太空。但是出于安全性考虑，它在3月24日的发射并没有载人。

在加加林的飞行成功之后，苏联和美国的太空竞赛进入了白热化状态。在此之后的两年之中，苏联和美国的宇航员们成为汤姆·沃尔夫在《真材实料》中所标榜的“单挑勇士”。他写道：“这是交战部落之间壮观的仪式性挑战。他们爬到细长的炸弹的顶端，并将自己封在金属舱内发射到真空中去。”

相比之下，美国的火箭事业处于下风。当时苏联已经有了强大的R-7，这是一种最初为向美国的城市投放氢弹而设计的洲际弹道导弹。苏联物理学家安德烈·萨哈罗夫曾被问及未来的氢弹质量将会有多大，他简单的估算结果是5吨，因此这就成了R-7的设计载重量。实际上，真实的炸弹质量并没有那么大，但是苏联的空间工程师们最大程度地利用了这些过剩的载重能力。



1963年5月15日，在水星-信仰7号起飞之前戈尔登·库珀进行了大量的检查。

美国的火箭最初是为了运送更小一点的弹头而设计的，因此美国的火箭及其所能发射的太空飞船都比较小。“感觉我们并不是钻进水星太空舱内，更像是把它穿在身上。”宇航员约翰·格伦解释道。太空舱的顶部

是一个钝角的锥状体，而其中可供人类活动的空间只有一个电话亭大小，它甚至可以被装进一艘太空飞船的发动机管中。太空舱内的仪器非常密集拥挤，以至于宇航员们有时会不小心碰到不该碰的开关。但这些参与了筹划水星计划的宇航员们坚持要求可以人工操作，而不愿像某些人讽刺的那样—成为一块“罐子里的午餐肉”。

与此相对，苏联的宇航员们更像是坐在东方1号里的乘客，只是在太空飞船出现紧急事故的时候才进行人工操作。他们的座舱是流线型并且有衬垫的，里面的仪表和控制按钮都尽量简化，各种子系统也都被放在单独的舱内。由于不需要像水星计划那样将太空舱做成可以调整航向返回地球，东方1号独立的返回舱是球状的，可以从任何角度重返大气层。它将落入陆地而不是海洋，里面的苏联宇航员是在离地7千米的地方就被自动弹射出来，继而靠降落伞返回地面。

早期的美国宇航员们也并未参与很多飞船的驾驶工作。水星计划最初的两个宇航员是乘坐红石火箭（新一代的V-2）飞行在一个从卡纳维拉尔角到巴哈马的15分钟亚轨道弹道曲线上。1961年5月5日，艾伦·谢泼德成为第一个飞入太空的美国人，他乘坐的自由7号最高达到了海拔187千米的高度，在飞行过程中他感受到了5分钟的失重。谢泼德启动了他的推进器和制动火箭，不过，根据阿波罗13号宇航员之后的评论，其实是艾萨克·牛顿（意指万有引力）真正在驾驶火箭。

媒体宣传

与苏联的太空项目不同，水星计划是完全在公众的注视之下进行的。谢泼德觉得自己有义务去满足大众的期待，也就是通过他的潜望镜为大家展示“美丽的太空图景”（当时的水星太空舱还没有一个较好的窗户）。谢泼德在返回地球之后参加了盛大的游行，并获得了白宫颁发的奖章。不过在77天之后，也就是1961年7月21日，乘坐自由钟7号升空的“加斯”·格里森就没有这么幸运了。

格里森的飞行还是比较成功的，不过在返回并落入大西洋之后，舱口被冲开了，水淹没了整个太空舱。自由钟7号沉到了大洋底部（最终于1999年被打捞了上来），而格里森差点就被淹死在自己的太空服里。格里森在之后的短暂生涯里一直受到人们当时操作存在失误的质疑。不幸的是，他在1967年的阿波罗1号大火事故中丧生。

1961年8月6日，加加林的后备宇航员戈尔曼·季托夫紧随其脚步登上了东方2号。季托夫当时只有25岁，是迄今为止飞上太空的最年轻的

人，他在轨道上飞行了一整天，绕地球17圈。他将一个摄像机带上了太空，并且手动操作太空飞船绕自转轴做旋转。在绕地球最后一圈的时候，季托夫的返程火箭自动启动。因为东方2号的工具舱又没有完全脱离，他的返程充满了颠簸，而这个问题在加加林飞行的时候就已经出现过一次了。

作为回应，NASA提前了更强大的水星-宇宙神火箭的发射任务。当年的11月份，一只名叫恩诺斯的黑猩猩试乘了该火箭。不过由于技术问题，之后约翰·格伦的飞行被推迟到了1962年2月20日。格伦的友谊7号以28000千米/小时的轨道速度冲向东方并绕地球飞了3圈，这是之前亚轨道太空飞船速度的3.5倍。这位前海军陆战队队员将座舱转向飞行的方向，以享受窗外的美景，却看到了成群的“萤火虫”。



1961年，艾伦·谢泼德（右）被约翰·肯尼迪总统授予NASA杰出贡献奖。



1962年，苏联宇航员帕维尔·波波维奇乘坐东方4号环绕地球时用一根飘浮的钢笔来演示失重现象。

失常的自动控制系统造成了些许的飘移，但若持续进行人工操作则会耗费太多的燃料。更严重的是，一个探测器向地面控制中心发出警报：格伦的防热屏可能松动了。如果真的如此，那么他在进入大气层的时候将会被烧死。谨慎的地面控制人员对格伦说，不要像平常那样抛弃返回火箭，也许它的固定带能加固防热屏。格伦听到返回火箭熔化了的碎片拍打在舱体上的声音，不过最终火箭还是安全降落了（实际上是探测器出了问题）。

1962年5月24日发射的斯科特·卡彭特乘坐的极光7号进行了又一次绕地球3圈的飞行。这次的主要目的是科学研究。卡彭特观测了地表特征、日出、日落还有大气辉光。他试图在太空舱的鼻头外面吹起一个气球来测量微小的大气阻力，但是失败了。不过他弄清楚了格伦看到的神秘的“萤火虫”是怎么回事：某次在舱体上发生的撞击引起的火花重现了那些小“萤火虫”，因此卡彭特意识到这些其实是冰粒。不过这位过于分心的宇航员用掉了太多的燃料，于是不得不手动操作返回大气层，并降落在距离目标着陆点463千米的地方。人们焦急地寻找了45分钟才发现他安全着陆，不过在此之后他再未进入太空。

苏联的反击

正在NASA发誓要做得更好的时候，它的苏联对手实现了另一个壮举。1962年8月11日，安德里安·尼古拉耶夫乘坐东方3号升上太空，第二天帕维尔·波波维奇就乘坐东方4号跟了上来。他们最近的时候相距只有6.5千米。被此事件震惊到的西方专家们还曾猜测这两个太空飞船会不

会在太空对接—他们当时并不知道东方号和水星计划的太空飞船一样不能改变轨道。这两个东方号飞船在接下来的3天太空飞行中慢慢各奔东西。这两位苏联宇航员首次离开了太空舱的束缚，自由地飘在太空中，而且尼古拉耶夫还在轨道上做了世界上第一次太空电视直播。不过这两个太空飞船都变得异常的寒冷和潮湿，而两位苏联宇航员也分别在94小时和71小时之后返回了家园。



在日落时分友谊7号上的约翰·格伦正用一个光度计观测太阳。

与此相比，“沃里”·施艾拉在1962年10月3日乘坐西格玛7号的9小时飞行就比较无聊了。不过他也遇到了一个新的危险：一个高空核试验提高了附近的核辐射强度。幸好这些核辐射的位置比施艾拉达到的最高点还要高。他甚至成功地吹起并释放了一个气球，当年卡彭特也曾试图做此事却失败了。另外，系统的改进也使得他在重新返回地球的时候还剩了多半箱燃料。

之后，NASA开始着手一个长期的项目。1963年5月15日，戈尔登·库珀开始了一个预期3天的飞行，不过在时间还不到一半的时候就被迫返回了。他在发射的时候非常放松，甚至在发射平台上睡着了，他耗费的氧气比之前的宇航员们都少得多—也许是因为他是第一个不抽烟的宇航员。库珀主持了美国第一个在太空中的电视广播，并放出了一个不停闪烁的微型卫星用来做能见度测试。他还对地面做了一些不可思议的观测，比如沿着空中的炊烟找到炊烟的源头，结果找到了一个位于中国西藏的小屋。

库珀的太空飞船信仰7号表现得可没有库珀这么好，飞船舱内的温度和二氧化碳浓度都在缓慢增长。在绕地球第19圈的时候，一个错误的警报显示信仰7号的轨道高度已经降低了，而且电子系统也开始失灵。自动控制系统和高度测量装置都停止工作了，然后遥测信号（虽然不是通过无线电）也丢失了，甚至飞船上的时钟也停止了。 库珀被命令服用安非他命来保持清醒以应对后面的不测。库珀开启机械手动模式返回地

球，他利用星光来调整飞船的方向，利用手表来计时。令人惊奇的是，最终信仰7号的落地点距离救援船只有7千米。

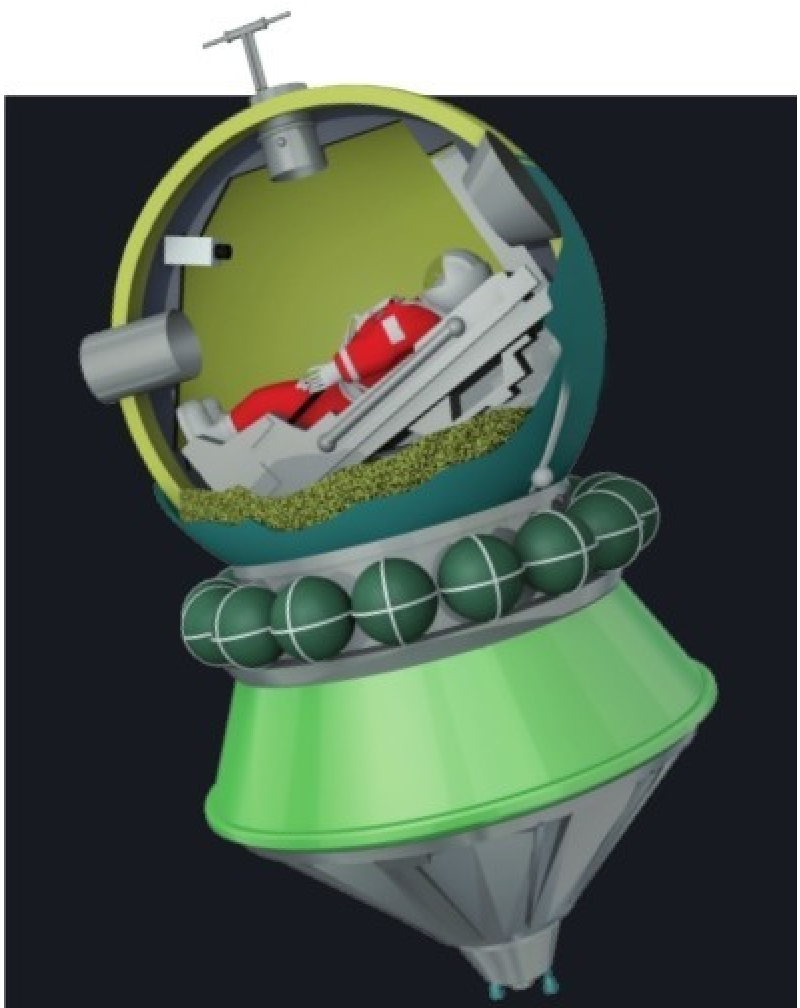
NASA的工作人员们还讨论了进行新的3天飞行的可能性，但是库珀的经历让他们意识到这已经是水星计划太空飞船的极限了。NASA之后转向了下一代双人航天计划—双子座计划，之后又转向了3人太空飞船计划—阿波罗计划。

除了最后一件盛事，航天界的单挑任务差不多就结束了。1963年6月14日，瓦勒里·贝科夫斯基乘坐东方5号升空。紧跟着，两天之后，瓦莲京娜·捷列什科娃乘坐东方6号升空，她是世界上第一个进入太空的女性宇航员。这是苏联的另一个宣传的成功之举，虽然捷列什科娃（工厂工人和业余跳伞爱好者）被报道在飞行过程中非常痛苦而且生了病。贝科夫斯基的境遇要好得多，虽然他的飞船舱内温度一直下降，但他创下了5天的单人太空飞行纪录。这个纪录应该不太可能再被打破了，因为单人飞行在苏联已成为历史。



瓦莲京娜·捷列什科娃是第一位进入太空的女性，创造了又一项苏联和世界的纪录。

带窗户的房间



认识水星计划七人组

美国的第一个超级巨星宇航员证明了他们是正确的。

文：克里夫·索末维尔


预选标准：
· 40岁以下 √
· 具有学士学位 √
· 身高1.8米以下 √
· 愿意接受存在生命危险的任务 √
· 能够承受极端的环境条件 √
· 在重压之下仍能有尚佳的
表现 √

艾伦·谢泼德



美国第一个飞上太空的人是一名海军试飞员，他曾于第二次世界大战时在太平洋服役。鉴于他在海军生涯中超过8000小时的飞行时间，他被选为美国第一个太空计划的宇航员。水星计划的红石3号火箭最初计划在1960年发射，但是由于技术问题被推迟了，因此谢泼德只能眼睁睁地看着尤里·加加林在他之前成为人类历史上第一个进入太空的人。不过4500万美国人终究得以在1961年5月5日庆祝谢泼德成功驾驶被推迟的自由7号进入太空这一壮举。

虽然这次飞行仅仅维持了15分钟，但是谢泼德创造了历史。当他被问及在等待发射的过程中心里在想什么的时候，他说："这个太空飞船的每一部分都是由工程竞标中出价最低的人造出来的。"他的第二次太空飞行是在1971年，作为阿波罗14号的指挥官。在那次任务中他以在月亮上打高尔夫球的动作而举世闻名。他于1974年退休，1998年去世。

维吉尔·"加斯"·格里森

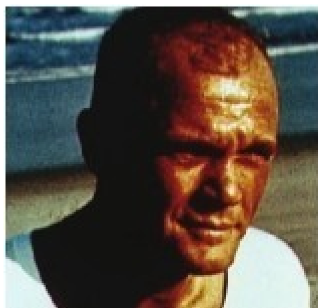


维吉尔·"加斯"·格里森是第二个进入太空的美国人，他出生于1926年，在1950年拿到机械工程学位后加入了新成立的美国空军。他在服役期间获得了"飞行技术最佳"的称号，在1959年成为空军上尉，并在同一年被调入水星计划工作组。

1961年，他驾驶了自由钟7号（水星-红石4号火箭），这是NASA的

第二次亚轨道太空飞行。飞行本身还是很顺利的，但是船舱落入水中的时候舱门意外打开了，海水冲进了舱体，差点导致格里森溺水，在格里森逃出之后，船舱就沉没了。格里森说：“那段时间我吓坏了。”也许这就是后续之事的一个预兆。他的下一次任务是在1965年（双子座计划的第一次任务），还比较成功，但是在1967年灾难降临了，格里森和他的同事们在阿波罗1号的一次发射前的测试中因火灾遇难。阿波罗1号本来应该是阿波罗计划的第一次载人飞行。

约翰·格伦



约翰·格伦出生于1921年，他是进入太空的第五个人，也是在太空环绕地球飞行的第一个美国人。1941年，日本偷袭珍珠港之后，他从大学退学入伍。他作为海军陆战队的飞行员在南太平洋上执行过59次飞行战斗任务，后来又服了两期兵役，之后成为海军试飞员。1957年，他从美国加利福尼亚州的洛斯阿拉米托斯飞到纽约，完成了第一次超音速跨大陆的飞行。

虽然他没有大学学历，却因为出色的飞行成就被选入了水星计划。1962年2月20日，搭载着格伦的水星计划友谊7号（水星-宇宙神6号火箭）升空，格伦屏住了呼吸，他将成为美国第一位在太空中绕地球飞行的公民。自动巡航系统在两圈的飞行中都失灵之后，格伦不得不开始手动操作。在重返地面时，一个防热屏开始松动，这使得格伦开始担心自己的生命安全。他在如此重压之下的冷静表现，使他成为一个国家英雄，并从1974年开始连续当了25年参议员。

1998年，77岁的他乘坐发现号航天飞机进入太空，成为进入太空中年龄最大的人。

马尔康·斯科特·卡彭特



卡彭特也许比他的水星计划同事们多了一个奇特的成就，他是第一个在太空中吃固体食物的美国人。卡彭特出生于1925年，他在第二次世界大战期间受过海军飞行员的训练。他曾在军队服役，并在1954年成为海军试飞员。5年之后他被招来做约翰·格伦的替补。当宇航员唐纳德·迪克·斯雷顿因病退出极光7号任务（格伦之后的一次任务）的时候，卡彭特接替了他。

1962年5月24日，他乘坐水星-宇宙神7号火箭进行了一次5小时的飞行，从而完成了他的梦想。不过在返回地球的时候，一个系统错误使得飞船偏向右方，飞过了返回点。卡彭特在手动矫正返回角度的时候经历了很多令人焦急的情形。尽管偏离预定着陆点400千米，他还是安全地落入海中。由于在1964年的一次摩托车事故中受伤，他不能再继续飞行了，于是他在第二年开始转做潜水员。他曾经为海军的海洋实验室项目在海底工作30天。1969年从海军退役之后，他创立了海洋科学公司来开发海洋资源。

沃尔特·“沃里”·施艾拉



施艾拉于1923年出生于一个飞行之家（他的母亲是表演机翼行走的特技人员，而他的父亲则是为她开飞机的特技飞行员），他继承了父母的飞行本领和幽默感。他在1944年拿到航空工程学位之后，进入军队服

役并成为一名海军试飞员。他作为生命维持系统的专家加入了水星计划，并在1962年10月3日驾驶西格玛7号（水星宇宙神8号火箭）执行了一个持续9小时的飞行任务来测试系统和设备。作为NASA到那时为止时间最长的一次飞行，它为之后能够持续飞行一整天的水星-宇宙神9号火箭（水星计划最初的目标）铺平了道路。

施艾拉在返回地球之后，发现自己的成就被古巴导弹危机所掩盖。不过他还将继续享受另外两次飞行—一次是1965年乘坐双子座6号，另一次是1968年乘坐阿波罗7号，这使他成为第一个3次进入太空的人。他的幽默感在两次任务中都表露无遗：他在双子座6A号上用口琴演奏了《铃儿响叮当》，并在阿波罗7号上得了感冒之后为感冒药Actifed代言。他与沃尔特·克朗凯特一起在电视节目中解说了1969年的登月项目。他于2007年去世，有一艘海军货船以他的名字命名：美国海军“沃里”·施艾拉号。

勒罗伊·戈尔登·库珀



库珀是第一个在太空中绕地球两圈的美国宇航员，他出生于1927年，爱好包括寻宝、考古以及飞行等。他在拿到航空工程学位之后加入了美国陆军，但是被转入空军做试飞员。1959年4月，水星计划的一个上校将他招了进来。他在1963年5月15日驾驶了水星计划的最后一个飞船—信仰7号（水星-宇宙神9号火箭），用来测试载人飞船是否能在太空中停留一整天。34小时，也就是绕地球22圈之后，库珀证明了这是可能的，但并不是没有困难：一个电子系统的错误使得他的控制系统在绕地球倒数第二圈的时候断电，而且驾驶舱的二氧化碳浓度也变得很高。后来阿波罗13号也出现了这个问题。“问题开始慢慢堆积起来。”库珀手动启动返回火箭返回地球之前对任务控制人员说道。

水星计划完成了它的目标，两年之后，库珀在水星计划的下一代，

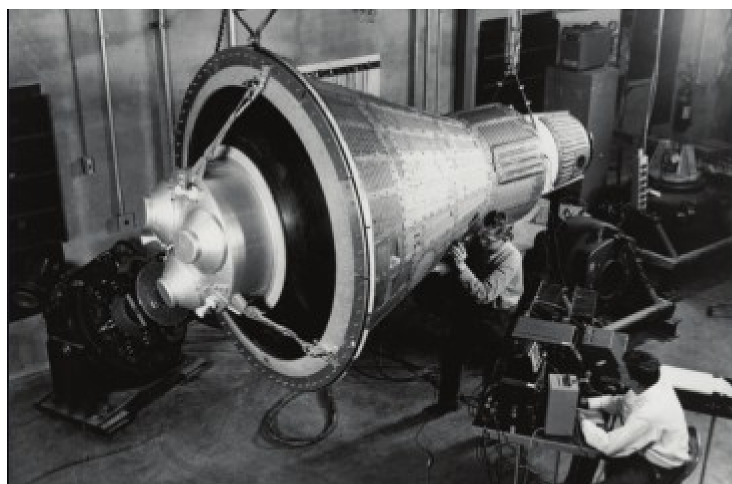
即双子座计划中创造了一个新的太空停留纪录。他指挥双子座5号进行了一个为期8天、绕地球120圈的飞行任务，总共飞行了5331745千米。到1970年退休的时候（担任双子座12号和阿波罗10号的替补指挥官后），库珀总共在太空中飞行了222小时。他于2004年去世，享年77岁。

唐纳德·“迪克”·斯雷顿



斯雷顿出生于1924年，他是水星计划的宇航员中从未乘坐过太空飞船的宇航员。在加入水星计划之前，他曾是一个轰炸机飞行员，在第二次世界大战期间是一个飞行教练。心脏问题剥夺了他驾驶极光7号的机会，马尔康·卡彭特替代了他。而他则在水星、双子座和阿波罗计划中担任地面工作的高层人员。

后来，斯雷顿决定重新拿到飞行许可，于是他每天锻炼、戒烟并减少饮酒。他成功了，他于1972年重新拿到了飞行许可，并在1975年的阿波罗-联盟测试任务中担任对接舱驾驶员，实现了他的梦想。在这次任务中，阿波罗号成功地与联盟19号对接了44小时，这是美国人和苏联人在太空中的首次会面。这是斯雷顿唯一的一次太空飞行，共持续了217小时28分钟24秒。从1977年直到1982年退休，斯雷顿一直是NASA的轨道飞行测试项目经理。他于1993年死于癌症。水星计划七人组的宇航员现在均已去世。



图说太空竞赛（1961—1963年）：东方计划与水星计划



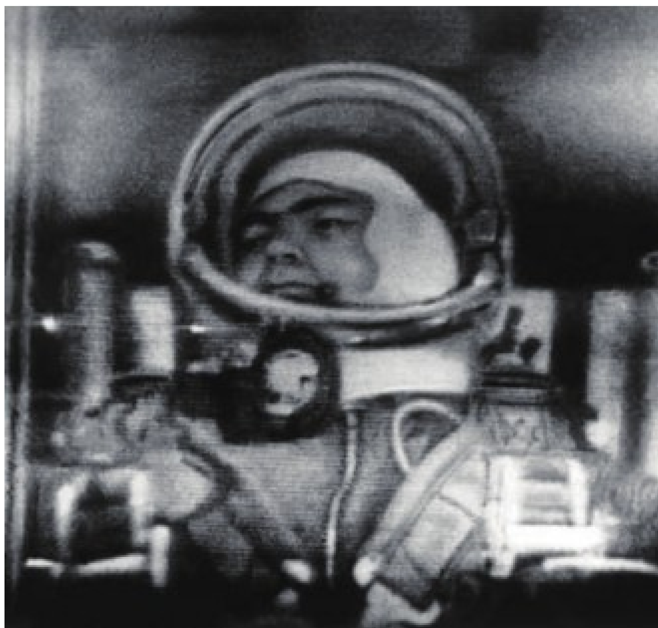
这11个人是苏联最初为东方计划和上升计划招募的宇航员。东方计划的宇航员们在左侧：（左起）加加林、季托夫、尼古拉耶夫、波波维奇、贝科夫斯基和捷列什科娃。



1961年4月12日，尤里·加加林在东方1号太空舱内为世界上的第一次太空飞行做准备。这是他唯一一次执行太空任务。



1961年8月6日，25岁的戈尔曼·季托夫成为排在尤里·加加林之后的世界上第二个环绕地球飞行的人。他描述了在太空中思念“故乡”地球的感受。



1962年8月11日，安德里安·尼古拉耶夫在东方3号上。同时在太空中的还有东方4号，这是史上首次两个载人太空飞船同时出现在太空轨道上。



帕维尔·波波维奇在仅比东方3号晚一天发射的东方4号上。他与东方3号上的尼古拉耶夫保持着无线电联系。



瓦莲京娜·捷列什科娃在东方6号前。她是第一个进入太空的女性，在太空中度过了将近3天，绕了地球48圈。


捷列什科娃在1963年6月16日发射的东方6号上吃东西。她被报道说曾在狭窄的太空舱内呕吐。



水星-红石火箭载着第一个升入太空的美国人—艾伦·谢泼德，进行它的亚轨道飞行。自由7号于1961年5月5日在佛罗里达州的卡纳维拉尔角升空。



这张照片是一段视频的截图，艾伦·谢泼德正在自由7号太空飞船内进行他的第一次历史性的飞行。图中是在太空飞船返回过程中打开了降落伞之后，他正准备打开自己的面罩。



1961年7月21日维吉尔·“加斯”·格里森钻进自由钟7号。它是NASA第二次亚轨道飞行的水星太空舱。



美国海军陆战队在宇航员格里森近乎致命的着陆之后对其实施营救。舱门意外打开，海水冲入舱内，导致格里森差点溺水。



1962年2月20日，水星计划友谊7号上处于失重状态的约翰·格伦。格伦是第一位在太空中环绕地球飞行的美国人，后来他在77岁的时候还乘坐了航天飞机。



1962年5月24日，斯科特·卡彭特于发射前在极光7号上。他的太空舱在返回时偏离了预定返回点数百千米。



1963年5月16日，美国海军蛙人找到了戈尔登·库珀的信仰7号太空舱。太空舱的落水点距离救援船6千米，库珀在恢复直立姿势之前经历了短暂的摇晃。



1963年5月15日，戈尔登·库珀在佛罗里达州的卡纳维拉尔角发射场的14号发射架上升空。他乘坐的信仰7号搭载的装置使得美国人首次在电视上看到了太空的图景。



戈尔登·库珀在环绕地球22圈之后微笑着返回地面，这是水星计划的最后一次飞行任务。

下一步

在东方计划和水星计划成功之后，美国和苏联都将目光投向了月球。为了到达月球，他们需要将能够容纳多名宇航员的太空飞船送入轨道、演习对接操作以及练习太空行走。这项计划的回报将是巨大的，不过风险也很大，至于到底有多大，且看美苏两方的表现。



爱德华·怀特靠一根7.6米长的拴在双子座4号上的生命管线，小心翼翼地进行美国人的第一次太空行走。

太空中的协作

双子座号太空飞船可将两位宇航员同时送上太空，而上升号则同时可以送上去3位宇航员。苏联人进行了第一次太空行走，但是后面还有很多问题。

文：肖恩·布莱尔



第一个载人太空飞船任务仅仅是为了证明人类可以在太空中生存。“我们其实对飞船的飞行并没有贡献多少。”水星计划的宇航员“沃里”·施艾拉承认道，“我们只能算是实验室里的实验品。”在水星计划和东方计划中，太空飞船上唯一的宇航员可以手动操作来使飞船旋转，却不能改变飞行的方向，除非启动返回火箭将飞船整个制动脱离轨道。

一旦证明了人类确实可以在太空中生存，那么下一步自然就应该是

让他们去做一些有价值的工作。这就不能靠单人飞行了，它将需要多名宇航员一起，因为去往其他星球所需的技术超过了一个宇航员所能掌握的能力。阿波罗计划的核心目标包括：改变轨道、长期的太空飞行、空间交会与对接以及舱外活动—太空行走。

在美国这边，一个中型的可承载两人的水星马克2号提案最后变成了双子座计划。在有了失去自由钟7号的经验之后，宇航员“加斯”·格里森决定再次飞往太空。他和双子座计划工作组紧密合作，将他的经验融入飞船的设计中，由此产生了其他宇航员口中的“加斯飞船”—一个为格里森量身定做的飞船，较高的宇航员需要将它的座位加大才能坐下。

在疯狂工作了30个月之后，第一个太空飞船成型了。双子座有了可供宇航员们驾驶的推进器并加载了第一个船载计算机用来计算轨道参数。双子座太空飞船的质量是水星飞船的两倍大，因此需要用更强大的大力神2号火箭来发射。对宇航员来说，它还是比较狭小，只比水星飞船多了50%的舱内空间，不过它看起来并没有那么拥挤，因为它的子系统都被放在了一个专门的工具舱内，它们与推进器都被接在了飞船的最后面。在任务完成返回的时候，只有宇航员的返回舱会返回。



吉姆·麦克迪维特和怀特坐在双子座4号的太空舱内，几小时之后他们将进行美国人的第一次太空行走。

舱内仪表的分布参照了飞机驾驶舱的形式。双子座的加拿大设计团队曾经设计过阿芙罗飞箭喷气式飞机，并借用了一些战斗机的设计理念。他们引进了操纵杆、交会雷达以及更适合维修操作的舱口，并将水星太空舱里的发射逃逸塔换成了弹射座椅。约翰·杨有幸看到了一次舱口关闭情况下的弹射座椅测试，用他的黑色幽默来说："那肯定痛死了—不过是个短痛！"

与此同时，苏联正在开发自己的与双子座同量级的太空飞船—可承载3人的联盟号。最初的计划是将一连3个联盟号飞船在地球轨道上连接在一起，形成一个发往月球的"太空列车"。不过由于苏联政府对此计划的支持力度不够，实际上联盟号还需要很多年才能发射。苏联在太空竞赛中的领先地位即将失去，因此谢尔盖·科罗廖夫进行了一场不顾风险的赌博。

第一次太空行走

1964年10月12日，在美国双子座的第一次无人测试飞行之后的第七个月，莫斯科宣布发射一款全新的太空飞船，名字叫作上升号。它不是仅可承载两人，而是3人，包括：鲍里斯·叶戈罗夫—第一个进入太空的医生，工程师康斯坦丁·费奥克蒂斯托夫以及宇航员弗拉迪米尔·科马洛夫。

上升1号持续24小时的航行取得了又一个盛大的宣传成果。不过说真的，这个飞船并没有跨越性的进步。科罗廖夫只是简单地将这3个人挤进了一个改装的东方号飞船上而已。为了能塞得进去，他们只能穿羊毛衣而不是太空服，而弹射座椅也被换成了反向火箭着陆系统。匆忙设计的座椅跟原来的设计是相垂直的，因此宇航员们只能歪着脖子来读取仪表数据。他们在狭小的船舱内几乎无法移动，而船舱也变得异常湿热。紧张的科罗廖夫几乎不相信上升1号能够安全返回。

1965年3月18日，第一个双子座载人飞船发射的5天前，承载两人的上升2号升空了。"船上的海员应该会游泳。"科罗廖夫在第一次太空行走之前强调。一个可充气的气密过渡舱从飞船内伸出，然后阿列克谢·列昂诺夫在太空中飘浮了12分钟。

官方认为这是一次成功的太空行走。实际上，在列昂诺夫走出舱门后他的宇航服开始膨胀，直到将他挤住无法活动。列昂诺夫只好把宇航服内的气压调小1/3才挤回了气密过渡舱，他在此过程中几乎中暑。宇航员帕维尔·贝尔亚耶夫帮助筋疲力尽的列昂诺夫回到了舱内。他们按计

划将气密过渡舱弹出，但是之后舱口并没有封好。纯氧气被自动注入舱内以补偿泄露的空气，而这很容易引起火灾。之后他们的自动返回导航系统也坏掉了。若要进行人工操作返回的话，就意味着他们要离开座椅去控制面板那边，然后还要再爬回来以维持上升2号的重心位置不变。结果也不意外，他们坠落到了距目标很远的地方，等了两天才被人从西伯利亚的森林里救出来。科罗廖夫曾有一个上升3号的初步计划，但是他在1966年1月就去世了。

1965年3月23日发射的载着“加斯”·格里森和约翰·杨的双子座3号，虽然进行了历史上第一次变轨操作，却被苏联的胜利完全掩盖。不过在之后双子座的9次任务期间，美国明显开始取得技术上的绝对领先地位。1965年6月3日发射的双子座4号见证了爱德华·怀特的22分钟太空行走。而当年8月发射的双子座5号则使用了燃料电池，使任务得以持续8天之久。

阿姆斯特朗保持镇静

双子座7号发射于1965年12月4日，是詹姆斯·洛弗尔和弗兰克·博尔曼执行的一次长期任务。博尔曼有句形容此任务的话非常有名：“整整两个星期，穿着一件长大衣待在跑车的前座上吃饭、睡觉、工作以及上厕所。”干燥的空气使他们的头皮屑暴增，另外他俩还得共用同一个牙刷，因为其中一位的牙刷飘走了。



鲍里斯·叶戈罗夫、康斯坦丁·费奥克蒂斯托夫和弗拉迪米尔·科马洛夫穿着他们进入太空

时穿的衣服从上升1号中走出来。



苏联宇航员阿列克谢·列昂诺夫进行了人类历史上的第一次太空行走。太空行走后回到上升2号的过程非常惊险。

双子座6A号最终在12月15日发射，其在太空的交会目标就是双子座7号。由计算机引导的“沃里”·施艾拉和汤姆·斯塔福德通过推进器的35000次点火来到了双子座7号面前。这绝对是了不起的事情。东方3号和4号曾经在1962年计划的“会面”中进入相邻的轨道，但是很快就分道扬镳了，就像两辆汽车分别行驶在平行却隔开的高速公路上一样。这两个双子座太空飞船最近时只相距30厘米，而且它们保持相对静止超过5小时。两个飞船都看到对方推进器的管线杂乱地悬在身后，这也就解释了之前任务中听到的神秘的咣当声。

下一步就是对接了。1966年3月16日，双子座8号接近了它轨道上的目标：一个无人驾驶的阿金纳推进器。在发射升空6.5小时之后，尼尔·阿姆斯特朗和大卫·斯科特就完成了对接，但这对合体的太空飞船马上就开始在太空中翻滚。不安的阿姆斯特朗分开了它们，但之后双子座转得反而更快了，转速达到了每秒钟一圈。他们的视线开始模糊，随时都有晕厥的危险。不过阿姆斯特朗保持了镇静，他意识到旋转应该是由双子座上一个出问题的推进器造成的，而不是由于阿金纳。他关掉了所有的高度推进器并开启了返回推进器，从而将飞船带回了正常状态。

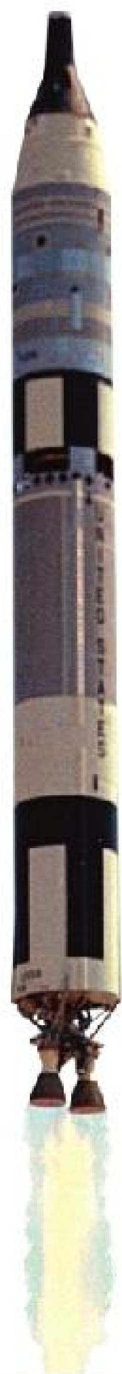
这样一耽误，原本计划中的太空行走只能被取消了。但是当年6月3日发射的双子座9A号包含了一个大胆的尝试。尤金·塞尔南爬到双子座的后面去驾驶一个由空军设计的喷气式背包。爱德华·怀特让这个想法看起

来太简单了。塞尔南的宇航服过于僵硬，以至于运动起来非常费劲，无法很好地控制动作。他的面罩也起雾了，因为他用力运动散出的热量超过了宇航服制冷系统的制冷能力。在基本看不见的情况下，塞尔南太空行走的行程被缩短了，喷气式背包也被弃之不用。他靠感觉找到了回到舱口的路，2小时的太空行走让他的体重减少了4千克，他的背部也因宇航服的防护层破损而被透进来的太阳光晒伤。

双子座10号于7月18日发射，迈克尔·柯林斯则成为此次任务中太空行走的“实验小白鼠”。他首先在舱口站起来，然后捡起对接在一起的阿金纳边上的实验包。柯林斯使用了爱德华·怀特同款的“自制手枪”，但是仍然没控制好，并让阿金纳转了起来。他利用生命管线将自己拉了回来，但是在固定自己的时候却丢掉了记录自己舱外活动的相机。



弗兰克·博尔曼在执行双子座7号任务的时候测试了空间飞行对人类视力的影响。



双子座4号于1965年6月3日发射，承载着吉姆·麦克迪维特和爱德华·怀特（美国第一个进行太空行走的人）。

双子座10号的宇航员启动了阿金纳推进器去抓第二个阿金纳，就是双子座8号留下来的那个。1966年12月12日起飞的双子座11号重复了这项绝技，并创造了飞到1374.1千米高的世界纪录。“世界是圆的！”皮特·康拉德高兴地确认道。

此前，迪克·戈尔登的行走并不顺利，他在更换了一个相机之后就已经精疲力竭。他成功地给阿金纳拴上了绳索，但是像塞尔南一样，他也被起雾的面罩遮住了视线。他们使拴了绳索的阿金纳转了起来，想用这种转动在太空中首次制造人造引力。由此产生的引力非常小，以至于宇航员们基本没有感觉，但是已经足够将一台相机推向飞船的一端了。

在11月11日发射的最后一个双子座任务，双子座12号上，吉姆·洛威尔在自己衣服的背面写了“结”，巴兹·奥尔德林则在自己衣服的背面写了“束”。他们在绕地球第一圈的时候与阿金纳对接在了一起，并在之后观看了一次日全食，以展示他们掌握的技能。



巴兹·奥尔德林在双子座计划的最后一次任务中站在太空飞船的舱口。

太空行走是最后的挑战。在为此次航行做准备之时，奥尔德林就在NASA的新中性浮力实验室中穿着新设计的足部控制器在水下进行了大量的练习。这种足部控制器被戏称为“黄金拖鞋”，它可以用来帮助宇航员固定位置，并轻松地完成所有的太空行走任务。

在轨道上飞行4天之后，最后的双子座飞船降落在距离主救援船5千

米处的海面。也有人提过一些继续飞行的提议，绕月飞行就是其中之一，不过NASA认为双子座计划已经完成了它的既定目标：为阿波罗计划积攒实战经验。现在，去往月球之路已经变得清晰了。



双子座12号拍摄的日全食时的太阳照片。

美国人在太空的第一步



苏联宇航员阿列克谢·列昂诺夫的第一次太空行走在宣传上非常成功，但是差点以灾难告终。1965年6月3日，美国宇航员爱德华·

怀特乘坐的双子座4号太空飞船没有气密过渡舱。怀特和吉姆·麦克迪维特将舱内的气压降低，然后怀特打开舱门迈入了外面的真空之中。利用一个可以喷射气体的“自制手枪”来调整路线，怀特的22分钟太空行走看起来很欢乐。但是在回去时就麻烦了：“快回去！”地面控制中心的“加斯”·格里森喊道。“这是我这辈子最难受的时候了。”怀特回答。在他回来之后关上舱门是最困难的一步，怀特的心率在这5分钟的努力之中达到了178次/分钟。

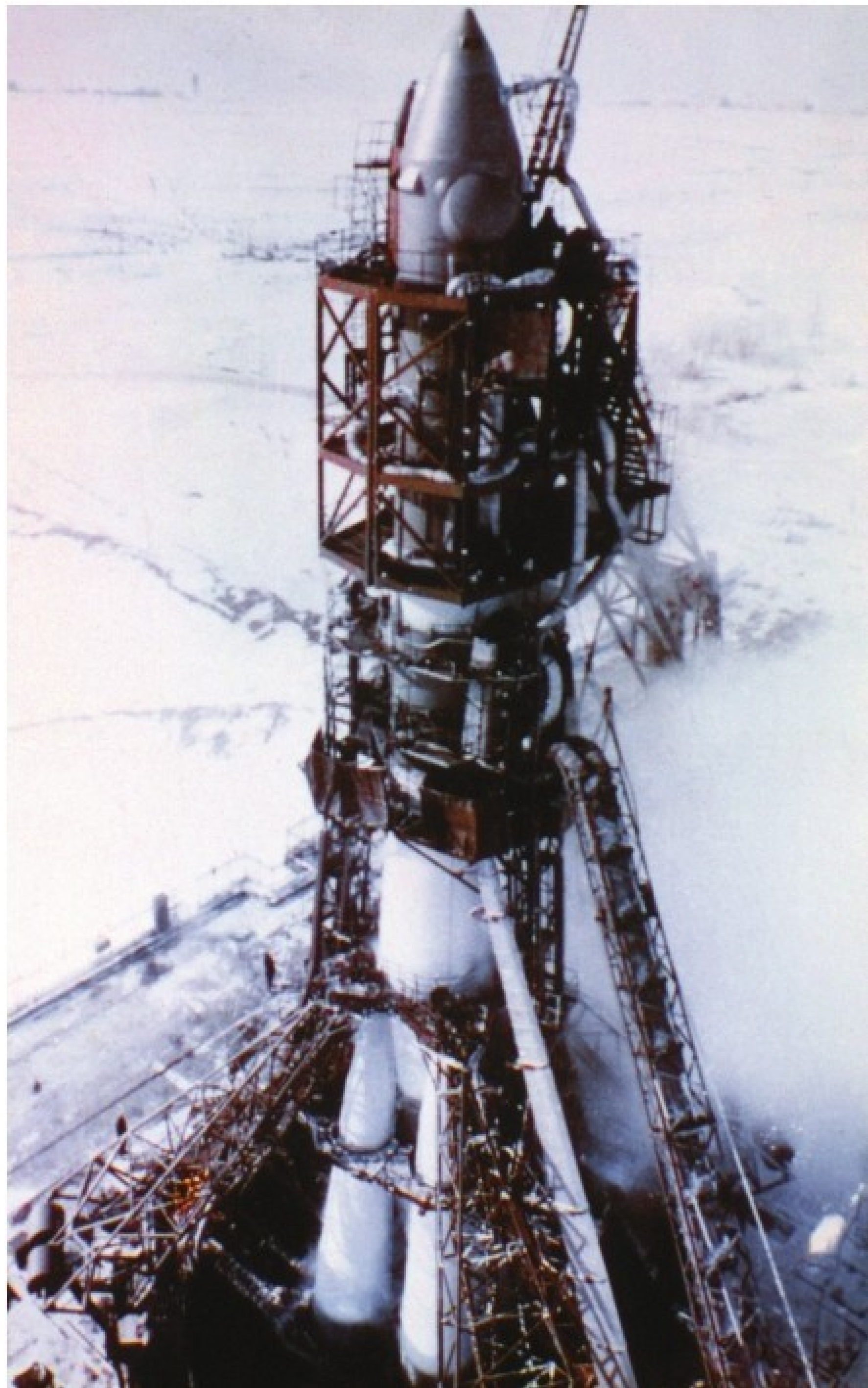
图说太空竞赛（1964—1966年）：上升计划和双子座计划



1964年10月12日，苏联宇航员准备登上上升1号—第一个可以携带多名宇航员进入太空的太空飞船 。鲍里斯·叶戈罗夫、康斯坦丁·费奥克蒂斯托夫和弗拉迪米尔·科马洛夫（自左至右）在执行任务的过程中都没有穿宇航服。



鲍里斯·叶戈罗夫在上升1号里。他是第一个受过训练的进入太空的医生。与他同时升空的宇航员康斯坦丁·费奥克蒂斯托夫曾经是一名太空飞船硬件设计师。



1965年3月18日，上升2号在拜科努尔发射场准备升空。上升号火箭是经R-7洲际弹道导弹改造而成的。



帕维尔·贝尔亚耶夫和阿列克谢·列昂诺夫在1965年3月18日发射的上升2号太空舱内。这两名宇航员在太空停留了26小时，却在完成任务之后在茂密的森林里待了两天，因为太空舱的落地点偏离预定地点数百千米。



1965年3月18日苏联宇航员阿列克谢·列昂诺夫在进行第一次太空行走。他在太空中停留了12分钟，但是在回到上升2号的时候他的宇航服已经膨胀过度了。



爱德华·怀特是第一个进行太空行走的美国人。怀特在双子座4号的舱外小心翼翼地挪动，他身上与飞船之间连着一根7米长的保护绳。此照片摄于1965年6月3日。



双子座计划第一个载人飞船—双子座3号，在环绕地球第二圈时（一共转了3圈）拍摄了这张美国亚利桑那州和墨西哥的照片。



爱德华·怀特（左）和詹姆斯·麦克迪维特在起飞前坐在双子座4号太空飞船里。这仅仅是第二次双子座的载人飞行任务。他们将在太空中度过4天。



查尔斯·皮特·康拉德在双子座5号内部。此照片是与他同行的宇航员戈尔登·库珀所拍摄的。此次任务将在8天内测试失重的影响。



双子座6A号在1965年12月15日升空，去与已经在太空轨道中的双子座7号进行太空交会。



双子座7号与双子座6号在离地表约300千米的高空会面。双子座7号中的弗兰克·博尔曼和吉姆·洛威尔在太空轨道上停留了13天。



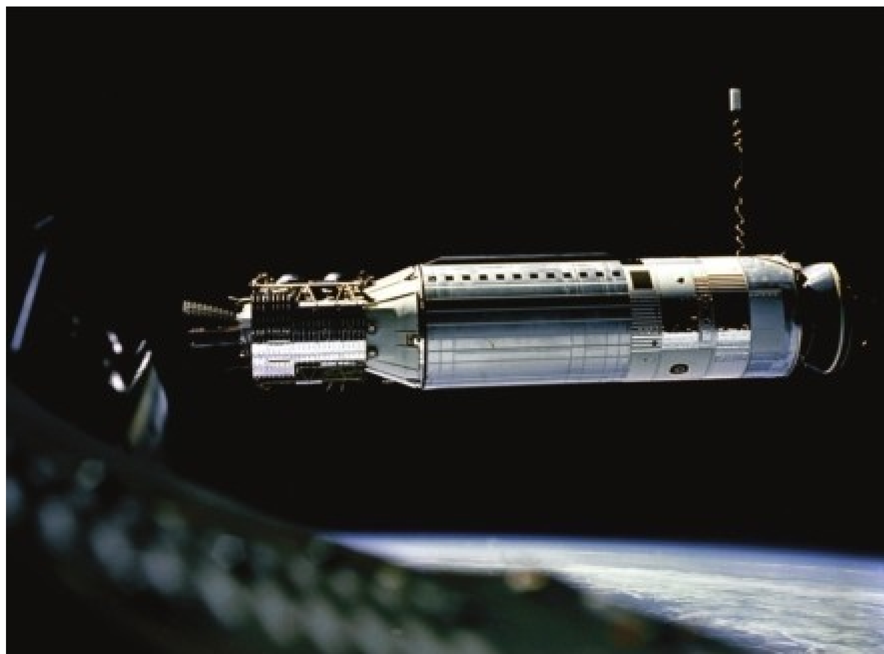
在双子座7号上拍摄的安第斯山脉，云层被即将落山的太阳染成了橙色。



在双子座6号上拍摄的双子座7号。这两个飞船在几小时内慢慢靠近彼此，在此过程中最近时它们曾仅相距30厘米。



尼尔·阿姆斯特朗在1966年3月16日双子座8号发射前正在进行最后的检查。之后他将挽救此任务于水火。



在双子座8号上拍摄的阿金纳太空飞船。这两个飞船成功地对接在了一起，但是双子座

8号却开始旋转，而且转速如此之快，以至于宇航员有晕厥的危险。



加力目标对接接合器被双子座9A号的宇航员描述为像一个“愤怒的鳄鱼”。它的保护罩出了问题，导致不能与双子座飞船对接。



尤金·塞尔南在驾驶双子座9A号。此照片为飞船指挥官托马斯·斯塔福德所摄。



1966年7月18日，在双子座10号上拍摄的窗户上的残骸。此飞船曾与阿金纳太空飞船

对接。



与双子座10号对接在一起的阿金纳太空飞船，它的推进系统正在发光。



1966年9月13日，理查德·戈尔登在大西洋上空进行太空行走。



理查德·戈尔登减少了舱外活动，回到双子座11号的舱口。



埃德温·巴兹·奥尔德林在双子座12号任务的第二天进行舱外活动。双子座12号共在太空停留了4天。







上图：巴兹·奥尔德林在舱外活动时站在舱口，图为他正准备在外面安装一台相机。中图：第二天他在舱外活动。下图：他在打开的舱口拿着一台JA毛勒尔照相机。

月球的两面

1969年7月，尼尔·阿姆斯特朗踏在月球表面上的历史性的一步标志着一个时代的结束。在这个时代的末尾，美国已经超越了苏联。两个超级大国都将自己所掌握的知识与技术拓展到了极限，但是登月的竞赛充满了困难与灾难。苏联开发出了它最为强大的火箭，但还是太小了，而且太晚了。



月球背面93千米宽的代达罗斯环形山。摄于阿波罗11号任务期间。

登月竞赛

大众文化将美国视为彻底的胜利者，但是历史告诉我们这是一场势均力敌的竞赛。

文：皮尔斯·毕卓尼



1968年12月21日升空的阿波罗8号所执行的任务是史上第一次冲出地球轨道的载人飞行任务。

1961年4月12日，尤里·加加林的太空飞行让白宫的新任总统约翰·肯尼迪非常难堪。在那之前他从未认真考虑过太空竞赛，而此时，他则被全世界对苏联成功进行的太空飞行的反应警醒了。他在白宫里到处问他的顾问们：“我们能做什么？怎样才能赶上去？”

仅仅一周之后，肯尼迪就又遭受了另一场失败。一支由美国中央情报局支持的1300人的军队从古巴猪湾登陆，意图推翻菲德尔·卡斯特罗的统治。肯尼迪批准了这次入侵，但是卡斯特罗的军队早就知道了此事，并在海滩上等待他们的到来。这次入侵就是一场完完全全的灾难。

不过对新任总统来说，也有好消息。1961年5月5日，NASA的宇航员艾伦·谢泼德乘坐的自由7号飞船被红石运载火箭送入太空。这次飞行并没有完整地绕地球一圈，而仅仅是飞了一个持续15分钟的弹道曲线。加加林的东方号飞船环绕了地球，而谢泼德小小的太空舱则落入了大西洋中，距离发射场只有几百千米。但是这已经足够证明NASA的能力了。

1961年5月25日，肯尼迪做了那场著名的演讲，承诺“在十年之内”会让美国登陆月球，阿波罗计划应运而生。人们一般都认为苏联离载人登月的目标还差很远。但是在苏联解体之后，令人吃惊的真相浮出水面，人们才知道苏联曾多么努力地想去打败阿波罗。



谢尔盖·科罗廖夫，苏联早期太空项目的首席设计师。





打败了所有其他登陆月面设计的蜘蛛形登月舱，它包含了一个能够降落到月球上的巨大火箭。

后科罗廖夫时代

1966年1月，谢尔盖·科罗廖夫的去世将苏联的太空计划完全打乱了。没有他的领导，各种不同的载人登月计划开始浮出水面。其中一个团队想要尝试直接登陆月球，而另一个团队则认为在登月之前先执行一个绕月飞行任务才是比较实际的。

相比之下，NASA在20世纪60年代处于詹姆斯·韦伯的领导之下，而詹姆斯是一个雷厉风行且很有决心的领导者，他确保了美国只有一个登月方案。很多人，包括土星5号的设计师韦纳·冯·布劳恩，都有关于登月的不同想法，但是韦伯坚信阿波罗计划的蜘蛛形登月舱。他强调，NASA的所有人要么支持这个设计，要么离开。

虽然苏联的航天计划一片混乱，但还是有一定可能去发射一个经过特殊改装的联盟号火箭做绕月飞行的，即便太空舱的空间将被大量的额外燃料和氧气所占用，以至于狭小的空间只能装下一名宇航员。如果苏联真的能在阿波罗第一次登上月球表面之前完成这个任务，那么全世界的媒体可能并不会关心载人绕月与真正登月的区别。苏联将会得到又一

次巨大的宣传胜利，而我们也只能去猜测由这种“胜利”所引发的地缘政治后果。

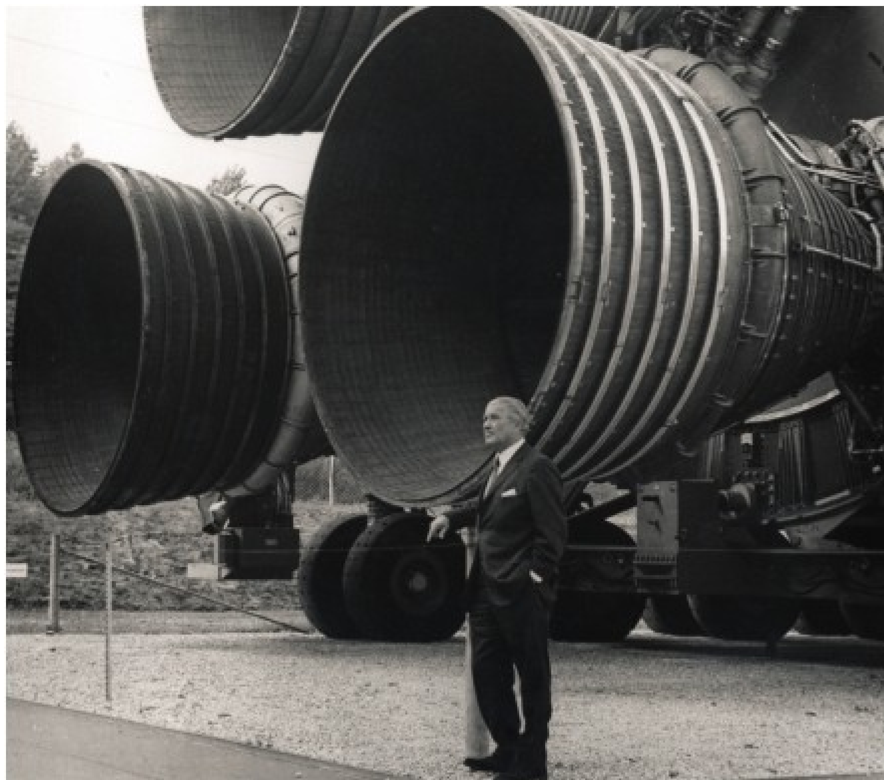
1968年9月18日，苏联的探测器5号成功地环绕了月球并回到地球。太空舱落到了印度洋上并被成功打捞上来。两个月之后，NASA宣布它的下一个任务—阿波罗8号，将会在圣诞节前几天执行并直奔月球，虽然飞船并没有携带登月模块。NASA迫不及待地想要将人送到月球附近，飞得越远越好。这场竞赛在当时比很多人认为的要激烈得多。

谢尔盖·科罗廖夫的名字将会因为斯普特尼克号和尤里·加加林的太空飞行而永远被人们铭记，但这些不过是他登月计划的开端而已。早在1959年，他就曾在画板上画过登月推进器的图。在20世纪60年代中期，克里姆林宫方面曾向他施压，想让他用R-7火箭和东方号硬件的更激进而危险的版本来创造更多的“第一”，他同意了。之后他就被授权制造N-1火箭，一款跟韦纳·冯·布劳恩的土星5号差不多高的登月火箭。

N-1火箭的终结

土星5号是韦纳·冯·布劳恩的得意之作，它有5个大型F-1主发动机，工作时的温度和压强连伟大的科罗廖夫都难以企及。作为科罗廖夫最好的发动机设计师以及势不两立的敌人，瓦伦丁·格鲁什科拒绝做任何与N-1相关的事情。

N-1火箭携带了一个与联盟号类似的两座指挥舱和一个能容纳一人的小型月球登陆舱。这两个太空舱可以在太空中连接在一起，但太空舱之间是没有通道互联的。因此负责登陆月球的那个宇航员必须借助一个简短的太空行走从其中一个太空舱进入另外一个太空舱。



韦纳·冯·布劳恩站在一个F-1喷气发动机旁边。土星5号火箭需要5个这样的发动机来推动。这款火箭现在仍然是史上最强的火箭。



1969年2月N-1火箭第一次试飞。N-1火箭共进行过4次试飞，结果都以失败告终，最后导致整个项目被取消。

科罗廖夫并没有亲眼见到他月球梦的覆灭。1966年科罗廖夫去世，再加上格鲁什科一直在与此竞争的项目上工作，N-1的问题接踵而来。火箭底部的30个小功率发动机并不能很好地协同工作。火箭的内部杂乱地堆满了各种没有经过良好检测的管线、泵和阀门。电子控制系统艰难地维持着火箭的稳定，特别是在单个发动机发生故障而导致整个推进系统的工作中断的时候。

N-1火箭第一次起飞是在1969年2月21日，它最多只飞行了1分钟多的时间就开始盘旋失控，最后爆炸。第二次测试飞行是在同年的夏天，这次发射架甚至也被毁掉了。之后还有两次试飞也都失败了，最后一次是在1972年11月23日，于是整个N-1计划被取消了。

NASA的胜利并不完全是靠更好的硬件，更重要的是靠工作人员的系统分析和软件设计等方面的能力。为NASA工作的工程师们可以自由地讨论过失而不用有所顾忌。



探测器绕月计划的主要障碍是如何改进返回技术，可以让返回舱返回地球时从地球大气层反弹出去并减速，然后再次掉落以便更轻柔地返回地面。直接进入地球大气层所需的巨大减速是任何宇航员都无法承受的。在当时，这是唯一一种能防止剧烈减速的方法。NASA的阿波罗计划指挥舱专门针对此问题做了特殊优化。

阿波罗计划

始于悲剧、终于胜利，阿波罗计划是人类太空探索史上的巅峰。

文：克里夫·索末维尔



阿波罗1号



1967年1月27日

这是阿波罗计划的第一次载人任务，本来计划是要绕地球飞行，但还没开始就以悲剧告终。1967年1月27日，在一次发射前的练习活动中，太空舱起火，舱内的3名宇航员—指挥官“加斯”·格里森、指挥舱驾驶员爱德华·怀特还有登月舱驾驶员罗杰·查菲—遇难。格里森是美国第一个载人航天项目水星计划的首批宇航员之一，而怀特则是在1965年双子座4号任务中实现了美国第一次太空行走的宇航员。他们3人牺牲后都获得了美国国会颁发的太空荣誉奖章。后来调查人员一直没有找到引起火灾的原因，但人们认为它是由一系列致命的设计缺陷导致的：舱内氧气压强过高、电子系统出错、有问题的逃生舱门以及易燃材料。

阿波罗7号



1968年10月11日—1968年10月22日

在灾难性的阿波罗1号火灾事故之后，阿波罗7号成为阿波罗计划中第一个成功的载人飞行任务。它从1968年10月11日开始绕地球飞行了11天。飞船上包括指挥官“沃里”·施艾拉、指挥舱驾驶员唐·埃斯利和登月舱驾驶员沃尔特·康尼翰，他们在执行任务的过程中最不顺利的就是在太空中得了一场感冒。它是美国第一次成功搭载3个人的航天任务，也是第一次利用土星1B号火箭将太空飞船送入轨道。利用这款火箭，宇航员们得以测试新设计的生命保障系统和控制系统。虽然据报道宇航员与地面控制中心有过一些冲突，整个任务还是被认为是成功的。之前的阿波罗1号造成了毁灭性的影响，因此这次任务的成功并不仅仅是重新设计的阿波罗太空飞船的成功，更是美国未来载人航天事业成功的开端。在这次成功发射的激励之下，NASA在两个月之后就发射了阿波罗8号。

阿波罗8号



1968年12月21日—1968年12月27日

阿波罗8号比它的前辈们走得更远，它完成了阿波罗计划中的第一个环绕月球的载人飞行任务（而且第一个使用著名的土星5号火箭）。阿波罗8号是在发射升空3天后，也就是在1968年的平安夜实现了绕月。

而仅仅7个月后，阿波罗11号将会登陆月球。指挥官弗兰克·博尔曼、指挥舱驾驶员吉姆·洛威尔和登月舱驾驶员威廉·安德斯将成为第一批亲眼看到月球背面与地球升起的人。“我们跑了这么远来探索月球，而最重要的成就却是发现了地球。”安德斯说。安德斯是第一个在太空中为地球拍照的人。

宇航员们在轨道上曾经一度睡眠不足，还曾经晕船，但付出这些小小的代价就能看到这种奇景也算非常值得了。阿波罗8号最初的设想是在1969年年初先进行一次绕地球飞行，但是NASA把它改成了完全的绕月任务，并被提前了两三个月。

阿波罗9号



1969年3月3日—1969年3月13日

NASA让宇航员乘坐登月舱登陆月球之前，需要先测试一下登月舱与停留在月球轨道上的指挥舱是否能够顺利分离并再次对接。在为期10天的绕月球轨道飞行中，指挥官吉姆·麦克迪维特、指挥舱驾驶员大卫·斯科特和登月舱驾驶员拉塞尔·施威卡特首次进行了载人的登月舱与指挥舱分离和再次对接，而登月舱和指挥舱分开最远的距离大于160千米。

在克服了眩晕和呕吐之后，施威卡特进行了第一次太空行走来测试背包式生命保障系统，而斯科特则以在指挥舱打开的舱门上进行太空行走的方式测试了他的背包系统。最关键的是，这次任务的成功证明登月舱的概念是行得通的，而且宇航员们可以借助背包系统自由地在太空舱外活动。阿波罗9号是阿波罗计划的转折点，它打通了从月球轨道通向真正的登陆月面的道路。



阿波罗10号



1969年5月18日—1969年5月26日

如果说阿波罗9号是为登月演出搭建好的舞台，那么阿波罗10号就是一次演出彩排。1969年5月18日，阿波罗10号带着明确的目的发射升空—在没有实际着陆的情况下测试登月的全过程。指挥官托马斯·斯塔福德、指挥舱驾驶员约翰·杨和登月舱驾驶员尤金·塞尔南已经非常靠近月球了—距离月球表面只有14.5千米。对这些阿波罗计划中最有经验的宇航员们来说，这简直就是触手可及的距离，如果允许的话，他们肯定有自信能够完成登陆。

虽然他们的“排练”非常成功，但他们还需要在返回地球的时候达到载人太空飞船所能达到的最大速度—39897千米/小时。塞尔南在此之后还创造了另一项特殊的纪录：1972年，作为阿波罗17号的指挥官，他是最后一个在月球上留下脚印的人。不过现在，阿波罗11号历史性演出的舞台已经完全搭建好了。

阿波罗**11**号



1969年7月16日—1969年7月24日

如果NASA还记得肯尼迪总统的目标 （“在这个10年过去之前，将人类送上月球并且能够平安返回”），他们就有压力了。不过在1969年7月20日，指挥官尼尔·阿姆斯特朗和登月舱驾驶员巴兹·奥尔德林成功地在月球的静海着陆，而指挥舱驾驶员则停留在上空的轨道上。很多人以

为他们登陆月球之后说的第一句话是“老鹰着陆”，而实际上是奥尔德林说的更普通的一句话：“着陆灯亮了！”着陆灯亮了说明登月舱的一条腿碰到了月面。着陆时他们还有几秒的富余时间，剩余的燃料只够烧25秒，并且刚好避开了一片布满巨石的陨石坑。当天美国东部夏令时22点56分，在6亿电视观众面前，阿姆斯特朗将他的左脚迈向了月球表面，踏出了历史性的一步。他和奥尔德林在那里停留了21.5小时，最后带着21.5千克月球物质与柯林斯一起于7月24日返回了地球。



阿波罗12号

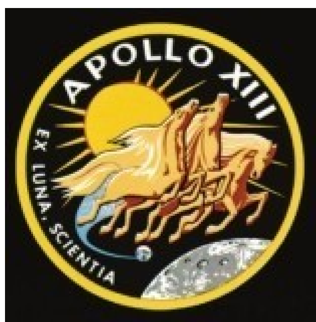


1969年11月14日—1969年11月24日

在阿波罗11号实现了登月梦的4个月之后，阿波罗12号回答了所有人都想问的一个问题："接下来呢？"指挥官查尔斯·皮特·康拉德和登月舱驾驶员艾伦·宾将登月舱降落在了阿波罗11号登陆点以西1500千米处—凹凸不平的风暴洋上。而指挥舱驾驶员理查德·戈尔登则停留在上空轨道上。

这次任务的目标是测试登月舱是否能够在一个不太平坦的预设地点着陆，因为这种地带在地理学上更有意思。相比于阿波罗11号那惊心动魄的着陆，康拉德和宾完成了一次"教科书式"的着陆。身材矮小的康拉德顺着梯子爬下，看着还有1米距离的月球表面开玩笑地说："这也许是尼尔的一小步，却是我的一大步！"这两位宇航员最后还取回了位于附近的勘测者3号上的相机（勘测者3号是在两年前发射的用来探索月球表面的探测器）。

阿波罗**13**号



1970年4月11日—1970年

4月17日

如果说阿波罗12号是一次轻松的任务，那么之后的任务则完全相反。1970年4月11日发射的阿波罗13号本来的目的是要做第三次登月，

但是这个目的后来被一个更迫切的任务—生存所取代了，因为当时指挥舱的氧气罐发生了爆炸。倒霉的宇航员们，包括指挥官吉姆·洛威尔（阿波罗8号的老手）、指挥舱驾驶员杰克·斯威格特和登月舱驾驶员弗雷德·海斯，被迫关闭了指挥舱，为返回地球节省剩下的能源和氧气，并计划使用登月舱作为救生舱。

除了温度太低和淡水缺乏的问题之外，宇航员们还面临着窒息的危险，因为他们一直在向密闭的空间里呼出二氧化碳。地面任务控制室的工程师团队设计了一个临时的过滤系统，并镇静地教给宇航员们如何利用登月舱的清洁设备去制造这个过滤器。人们为宇航员们能安全返回地球而狂喜不已，因此这次任务也被称为“成功的失败”。

阿波罗14号



1971年1月31日—1971年

2月9日

阿波罗计划的第八次载人任务始于1971年1月31日，阿波罗14号成功地在月球表面的山区弗拉·毛罗地区着陆，而这里本来是前次意外中断的任务所要去的地方。阿波罗14号除了再次证明NASA有让一个太空舱降落在崎岖不平的“六便士”（代指月亮）上的能力外， 还提供了月球的第一批彩色照片，并且通过着陆点附近的岩石研究了月球的地质历史。指挥官艾伦·谢泼德和登月舱驾驶员埃德加·米切尔对月面物质进行了多项研究，并且搜集了42千克岩石用作进一步研究。与此同时，指挥舱驾驶员斯图尔特·罗萨一直停留在上方的轨道上。

除了科学上的成功之外，此次任务对谢泼德个人也有很大的意义：他是克服了美尼尔氏综合征（一种特发性内耳疾病），才到达了这里。为了庆祝胜利，他成为第一个在月球上打高尔夫球的人。其实这3名宇航员最初是被安排执行前一次任务的，因此去这里就是他们的宿命。

阿波罗**15**号



1971年7月26日—1971年8月7日

成功登陆月球之后，NASA开始认为登月也没有那么难，难的是如何长期停留在月球上。考虑到这一点，1971年7月26日发射的阿波罗15号，也就是第一次“J”任务，是为了能在月球上停留更长的时间而设计的。指挥官大卫·斯科特和登月舱驾驶员詹姆斯·艾尔文在月球表面停留了将近3天，他们第一次驾驶着标志性的月球车到更远的地方采集岩石标本，并且进行了比以往任何一次都详尽的科学研究。

指挥舱驾驶员阿尔弗莱德·沃尔登在月球轨道上也很忙碌，他利用科学仪器模块在月球上方研究月球。科学仪器模块采用了各种最先进的技术，包括一个能够提高月球照片质量的全景照相机和一个可以测量月球引力与太阳粒子的月球小卫星。在阿波罗15号于8月7日落入地球海面之后，NASA自豪地宣布，这是历史上最为成功的一次载人航天飞行。

阿波罗**16**号



1972年4月16日—1972年4月27日

阿波罗的上一次任务专注于NASA延长在月球上停留时间的想法，

然而这一次指挥舱的故障让阿波罗16号在月球上停留的时间缩短了，而且实际上差点就没能登陆。“我们曾经在模拟器里面练习过2000次的着陆，还有1000次的坠毁，”登月舱驾驶员查尔斯·杜克回忆道，“但是就在我们准备真正去着陆的时候，我们得到了取消的命令。我们就差那么一点点！还好，任务控制中心解决了问题。4小时后，我们被允许着陆。”

杜克和指挥官约翰·杨降落在了笛卡儿高地，这是唯一一次在月球高地上的着陆。跟阿波罗15号一样，他们也放出了月球车和一个次表层探测卫星。宇航员们也分别进行了26种不同的实验。留在轨道上的指挥舱驾驶员肯·马丁利对月球赤道附近的一个区域进行了测绘，还在返回过程中进行了一次太空行走，将科学仪器模块中的胶片和数据取了回来。

阿波罗**17**号



1972年12月7日—1972年12月19日

1972年12月7日东部标准时间凌晨12点33分发射的阿波罗17号，是到目前为止进行的最后一次登月任务，也是美国当时第一次在夜晚执行的载人太空任务。它同时也打破了一些其他的纪录—它是那时史上最长的一次载人登陆月球飞行，月球车行驶距离最远（35千米），带回了最多的月球物质（110.4千克），还飞行了最长的月球轨道距离。月球登陆舱驾驶员（也是一名地质学家）哈里森·施密特也是当时唯一一个上过月球的科学家。当然，作为最后一个回到登月舱的人，指挥官尤金·塞尔南享有当时在月球上留下最后一串脚印的殊荣。对指挥舱驾驶员罗·埃万斯来说，这是他唯一的一次太空飞行，虽然他之前也做过阿波罗14号的替补宇航员。他们还给后来者留下了一块包含3名宇航员和尼克松总统签字的牌子，上面写着：“人类在这里完成了他们对月球的第一次探索。公元1972年12月。但愿我们的和平精神能够传播给全人类。”



图说太空竞赛（1968—1972年）：阿波罗计划



1968年10月11日，阿波罗7号在移除了发射架之后，载着“沃里”·施艾拉、唐·埃斯利和沃尔特·康尼翰发射升空。1967年阿波罗1号在地面测试过程中燃起了灾难性的大火。这是自那次灾难之后的第一次载人飞行。



阿波罗7号的土星1B火箭，这张奔向太空的照片摄于大西洋上空10千米处。68米高的土星1B火箭是110米高的土星5号火箭的前身。土星5号是一个更为强大的火箭，它能够同时将登月舱和指挥/服务舱送入轨道。



阿波罗7号任务中的登月舱驾驶员沃尔特·康尼翰正在工作。此次任务并没有携带登月舱，但是康尼翰进行了一些系统测试。



阿波罗8号的宇航员们是第一批看到处在黑暗太空中的整个地球的人。宇航员威廉·安德斯拍摄了这张著名的地球从月球地平线升起的照片。







阿波罗8号内部录像截图。从上至下分别为：任务指挥官弗兰克·博尔曼、登月舱驾驶员威廉·安德斯和指挥舱驾驶员吉姆·洛威尔。



大卫·斯科特站在阿波罗9号的舱口。阿波罗9号是一次在地球轨道上测试登月舱的任务。图中的登月舱和指挥/服务舱连接在了一起。



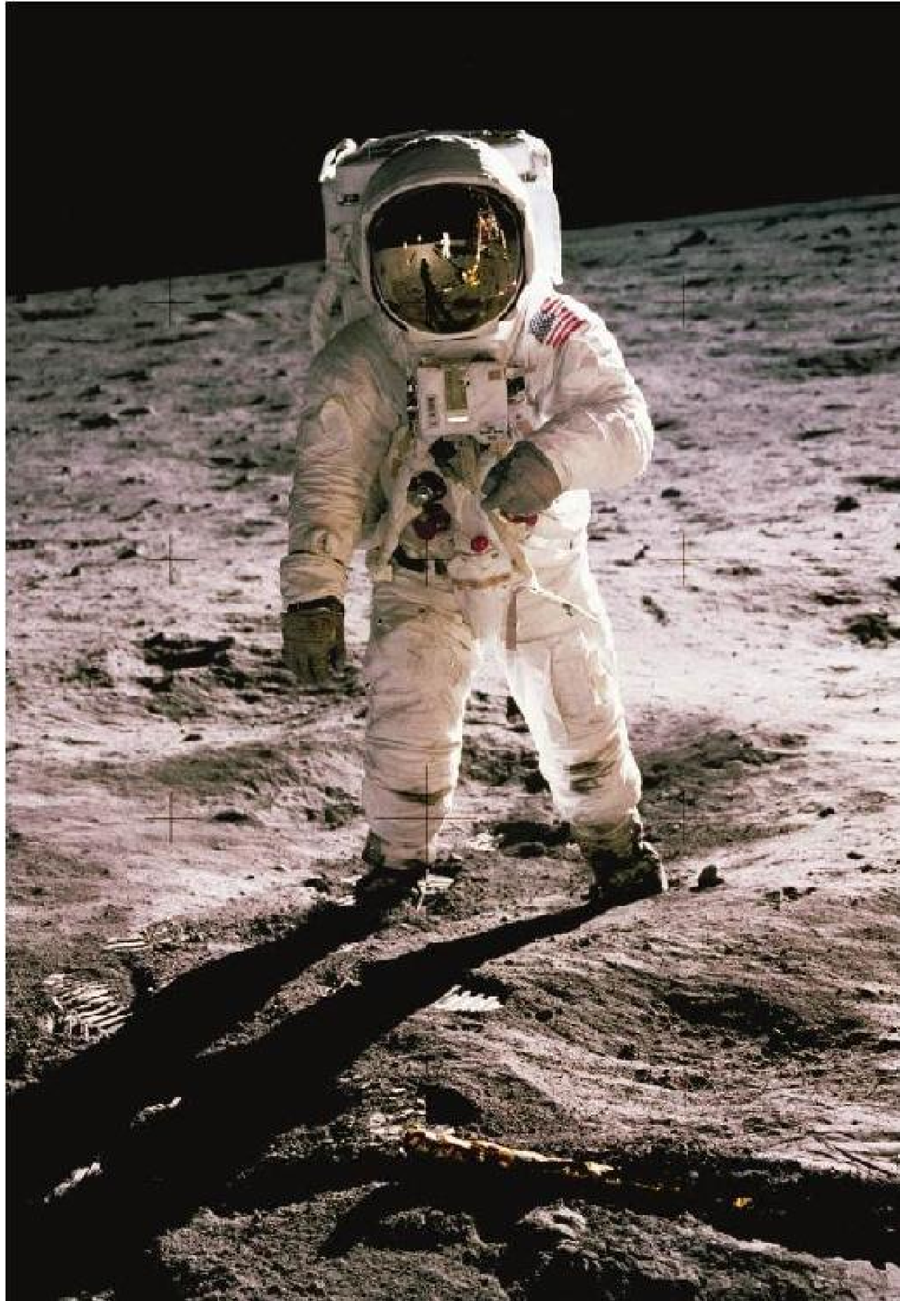
在阿波罗10号登月舱上拍摄的指挥/服务舱。阿波罗10号任务是登陆月球前的彩排。



阿波罗10号在距离月球表面仅仅14千米处经过。宇航员们拍下了很多壮观的月面特征的照片，比如这张“河道”照片。



巴兹·奥尔德林在月球上留下的一个脚印。巴兹是第二个登上月球的人。该照片摄于1969年7月21日。



巴兹·奥尔德林在阿波罗11号任务中的照片。照片为指挥官尼尔·阿姆斯特朗所摄，在巴兹的面罩上可以看到他的身影。

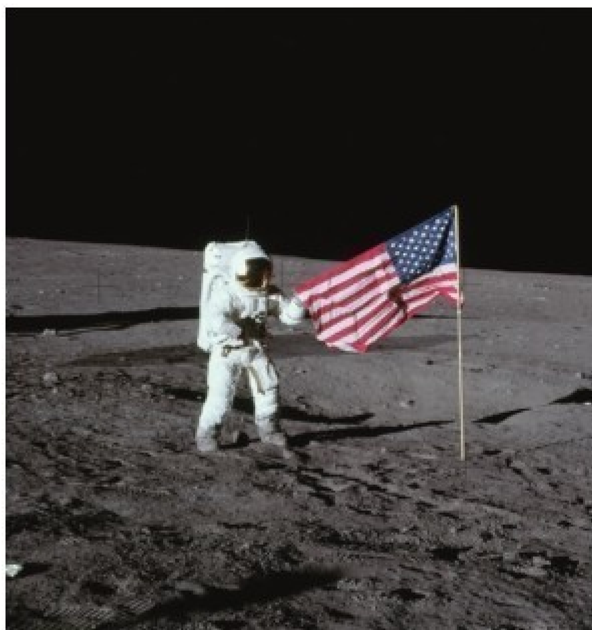




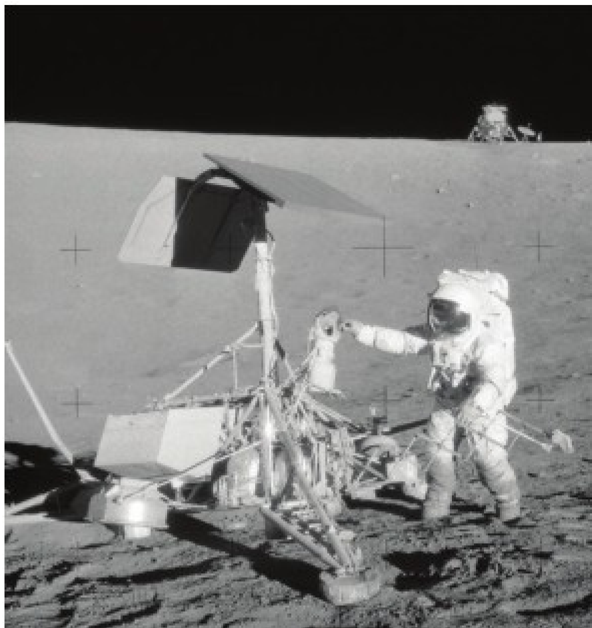
阿波罗11号的尼尔·阿姆斯特朗（上图）和巴兹·奥尔德林（下图）在月球表面行走之后回到登月舱内。这次历史性的月球行走历时2小时15分钟。



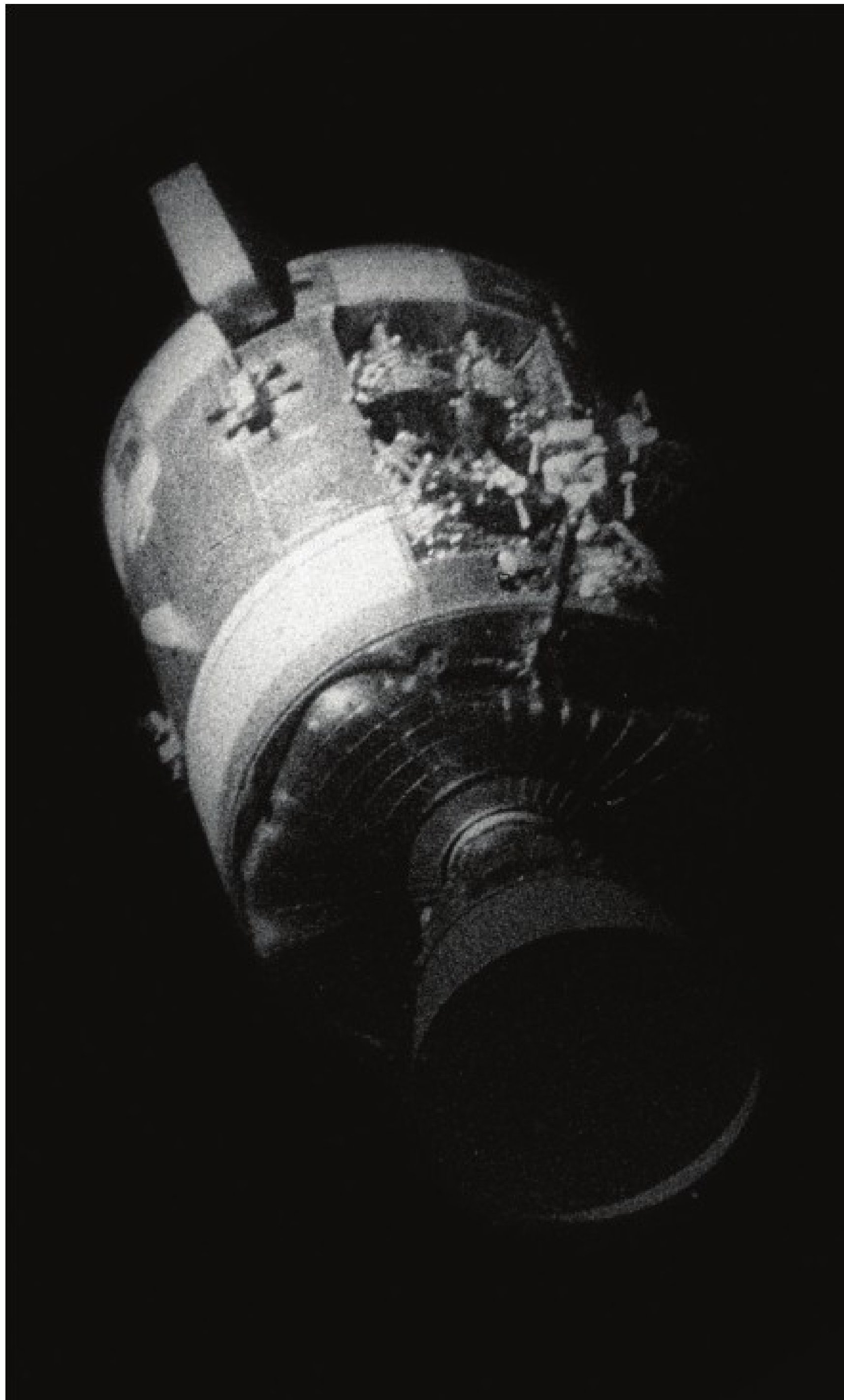
阿波罗12号的艾伦·宾在搜集月球土壤样本。宾和皮特·康拉德在月球表面停留了7小时。



指挥官皮特·康拉德在1969年11月的阿波罗12号任务中将一面美国国旗插在月球上。拍摄时并没有三脚架，所以照片模糊了。



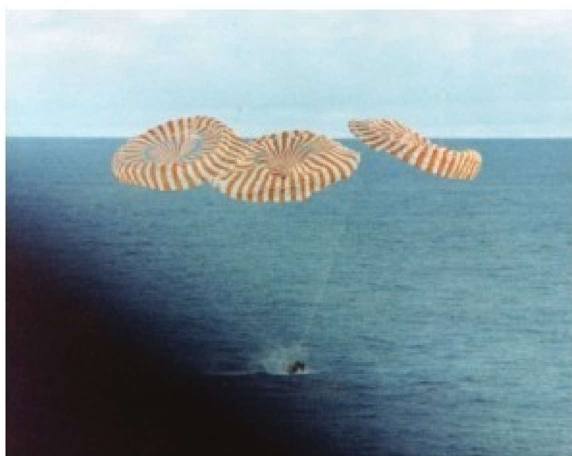
皮特·康拉德在阿波罗12号任务期间找到了无人探测器勘测者3号。勘测者3号于此前两年到达月球。



阿波罗13号的指挥舱因氧气罐爆炸被损坏，舱体的铝质表皮已被爆炸撕坏。登月舱被用来当作“救生艇”。







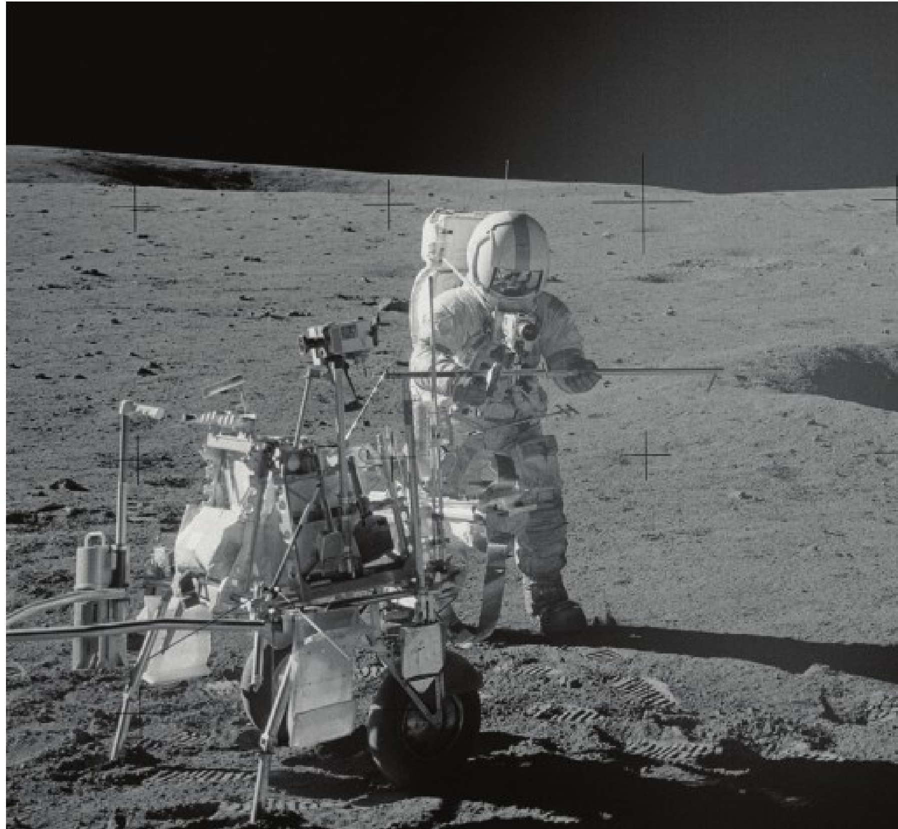
在阿波罗13号的指挥舱发生爆炸之后，地面控制室（上图）设计了一个临时装置用来过滤登月舱中的二氧化碳。宇航员们将它造了出来（中图）。虽然出现了多个致命性的问题，但宇航员吉姆·洛威尔、弗雷德·海斯和杰克·斯威格特还是安全地回到了地球（下图）。



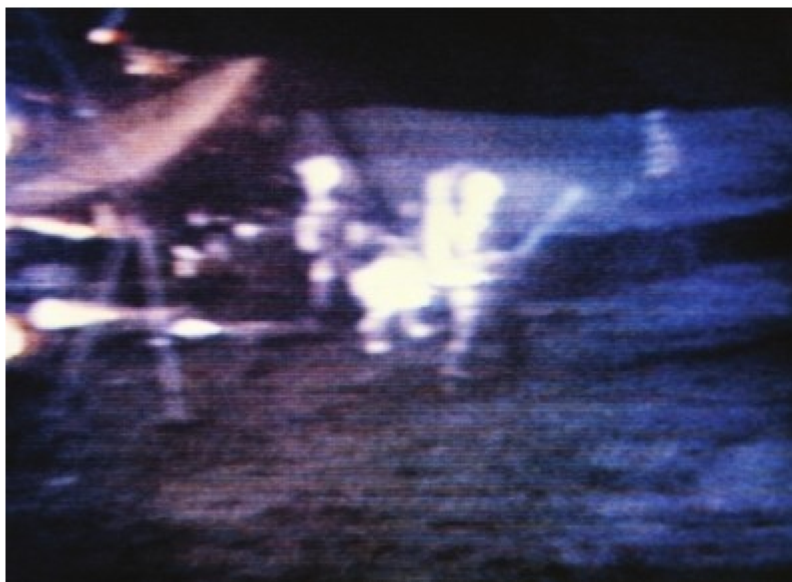
在命运多舛的阿波罗13号发射之后9个月，土星5号火箭载着阿波罗14号于1971年1月31日发射升空。



阿波罗14号进行了比之前的任务要多得多的科学实验。宇航员们走到了月球上的13个不同的地点进行实验。

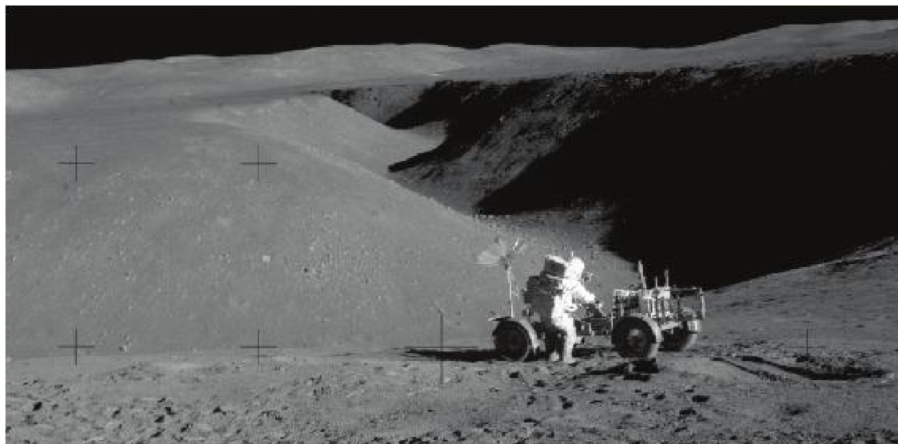


艾伦·谢泼德与设备传送器。设备传送器用于在阿波罗14号任务期间协助放置工具和月球实验物质。

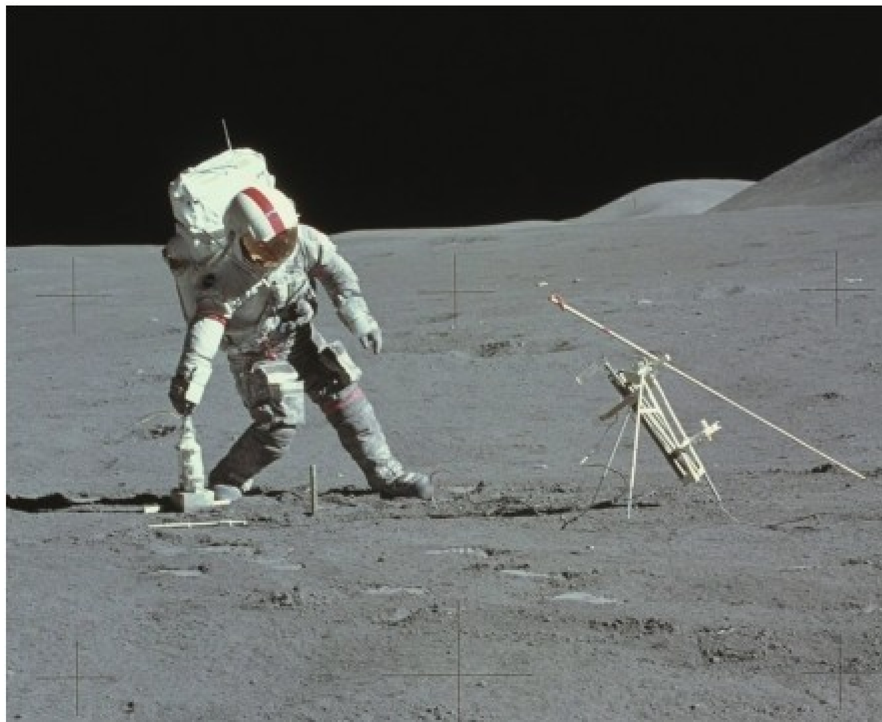


阿波罗14号标志性的瞬间：艾伦·谢泼德在月球表面显示他的高尔夫击球技术。月球的

微小重力使得他能将高尔夫球打到200米以外。

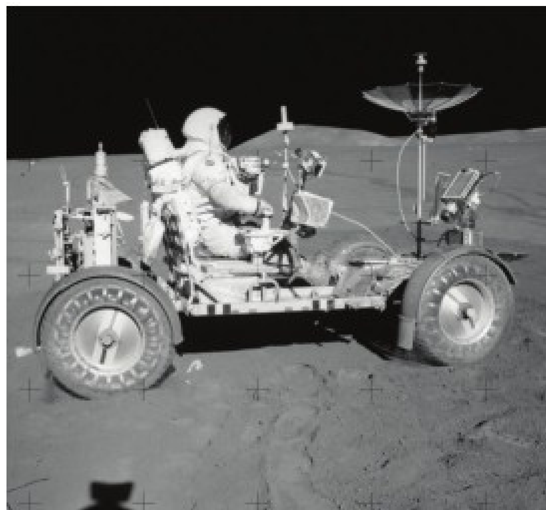


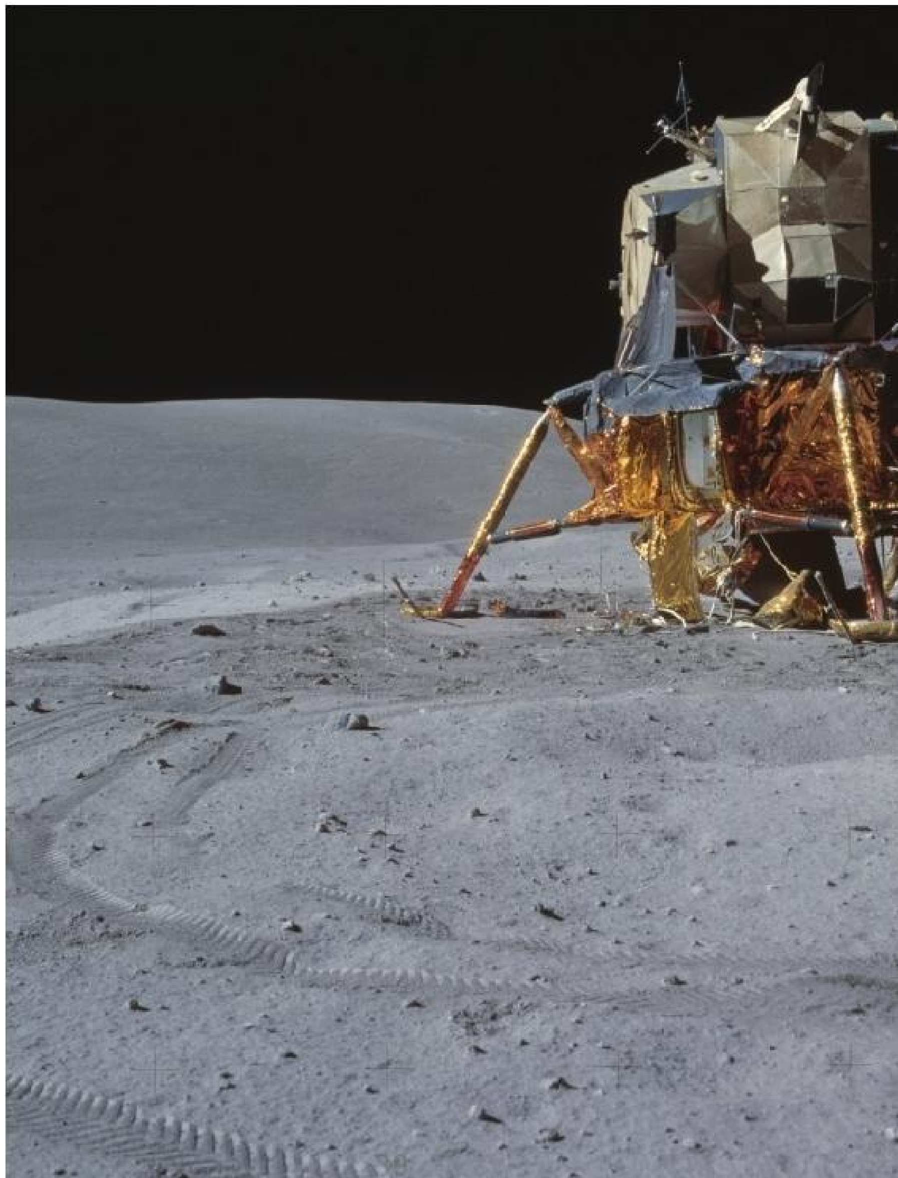
阿波罗15号是第一个使用月球车的登月任务。此照片的拍摄地点为哈德利沟，一个V字形峡谷，平均深度为400米。



阿波罗15号的大卫·斯科特在距离登月舱125米处采集地质样本。图为他正在使用一个表面钻。

宇航员大卫·斯科特在阿波罗15号任务期间驾驶一辆月球车。这辆轻便的月球车由电池驱动，在使用之前需要先展开。

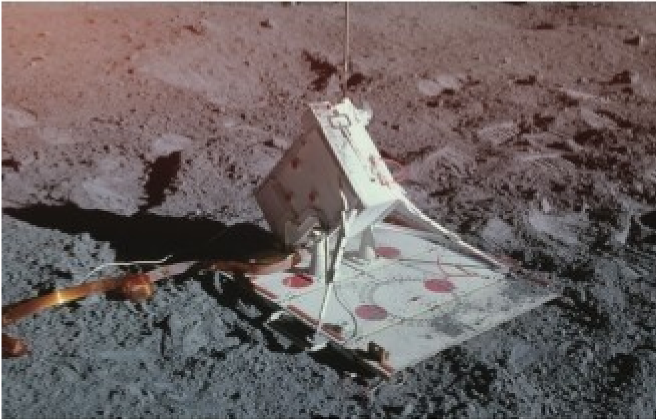




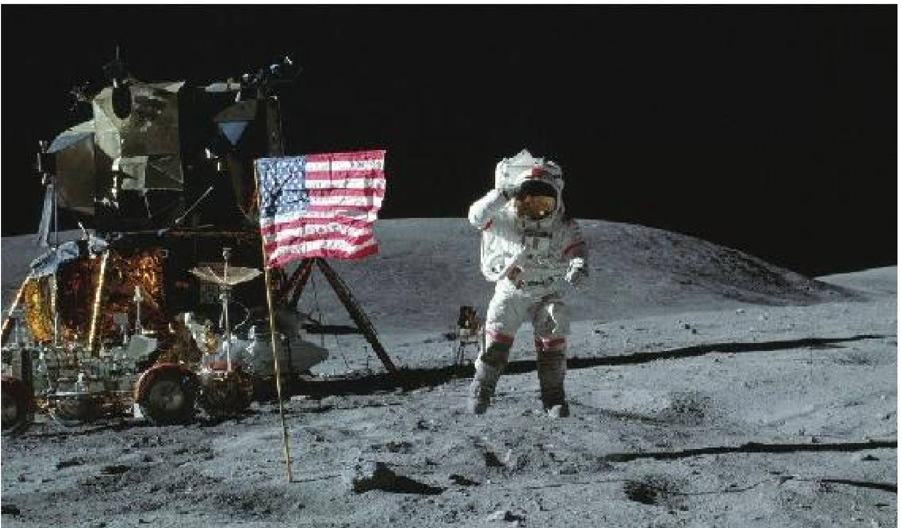
这是位于笛卡儿高地的阿波罗16号登月舱。这是阿波罗计划中第一次探索不同种类的地形。



在阿波罗16号任务期间，约翰·杨对月球车进行了一次“国际汽车大赛”式的测试，包括驶过发卡弯道和进行紧急制动。



阿波罗16号留下了一包（4个）炸弹。这些炸弹利用远程遥控爆炸，通过测量爆炸产生的地震波来研究岩石结构。



阿波罗16号指挥官约翰·杨在蹦跳中向美国国旗敬礼。



阿波罗17号的尤金·塞尔南向美国国旗敬礼。塞尔南指挥官是当时最后一个在月球表面留下脚印的人。



1972年12月7日发射的阿波罗17号是阿波罗计划的最后一次任务，也是当时的美国载人航天任务第一次在夜间发射。



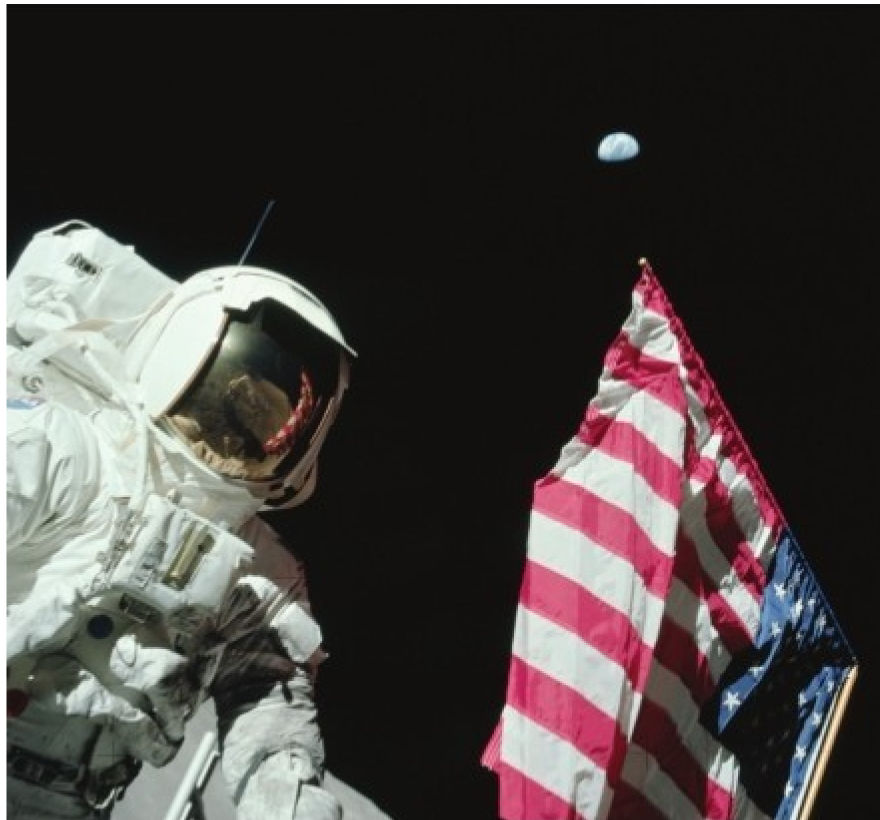
阿波罗17号的宇航员哈里森·施密特最初是一名地质学家，当时他是唯一一个曾在月球上行走的科学家。



尤金·塞尔南，阿波罗17号的指挥官。他与哈里森·施密特一起总共进行了长达22小时的地质探索。



这辆月球车的操纵杆位于两个座位之间。它在阿波罗17号任务期间在月球表面行驶了36千米。图为哈里森·施密特正跳上月球车。



1972年12月11日，哈里森·施密特站在美国国旗旁边，地球位于他的上方。3天后，阿波罗17号离开了月球。

太空起居录

关于月球的任务完成之后，美苏双方都将太空计划的注意力投向了如何在地球轨道上长期停留上面。曾经将人类送入地球轨道甚至更远处的土星5号火箭又在NASA的天空实验室项目中大放异彩。但在持久性方面胜出的还是苏联，虽然他们很快就经历了悲剧。



宇航员保罗·维兹在天空实验室上为同行的宇航员约瑟夫·科文测血压。

从空间站到空间站

从礼炮计划到和平号空间站，苏联在学习如何在太空中长期生活的道路上可谓充满荆棘。

文：肖恩·布莱尔





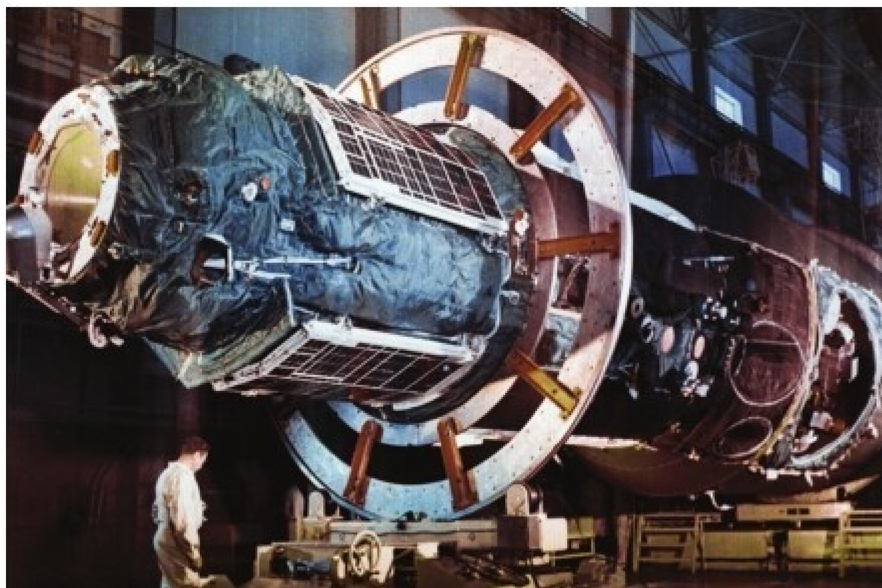
于1973年5月14日发射的天空实验室是NASA的第一个空间站，但是很快美国就在地球轨道长期停留的任务中落后了。

月球竞赛结束之后，地球轨道空间站成为太空竞赛的新热点。虽然苏联最初的努力都因为早期的事故而白费了，但是其对手美国自断手足，断了一切研究经费，于是苏联又赶超上来，成为在轨道上长期生存方面的领跑者。

“开发空间站是不可避免的趋势，就像太阳每天都会升起一样。”韦纳·冯·布劳恩于1952年在发表于《科利尔》杂志的一篇文章里指出。在不到20年的时间里，他的话成了现实。

建立长期轨道基地的想法早在1869年美国记者爱德华·艾弗莱特·海尔的小说《砖做的月亮》（The Brick Moon）中就被提出来了。小说中的一群技术人员被困在了一个人造卫星里面，他们用跳上跳下的方式来向地球发送莫尔斯码信号，地球收到信号之后给他们送来了补给。

在苏联，聋人科学教师康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基提出了这一概念。在20世纪早期，这位太空飞行的理论之父规划出了空间站的蓝图：利用旋转来制造人造引力，还有长满植物的温室。今天，齐奥尔科夫斯基的肖像照就挂在国际空间站里面。



1971年9月，一个礼炮号空间站正在赫鲁尼契夫国家航天研制中心进行组装。

冯·布劳恩的偶像，出生于罗马尼亚的赫尔曼·奥伯特，提出了太空转轮的概念。在太空转轮上可以观测地球、进行军事干涉以及利用镜面进行天气控制。而亚瑟·克拉克在1945年提出地球同步轨道通信这一想法时，他设想的是利用有人值守的空间站而不是卫星 — 需要宇航员去更换坏掉的真空管。

冯·布劳恩认为，从逻辑上考虑，建设位于地球轨道上的基地应该是深入太空的第一步。在投给《科利尔》杂志的文章中，他建议第一个空

间站应该用猴子来测试在太空生活的可能性。但是20世纪60年代的太空竞赛改变了一切，人类在不借助空间站的情况下就已经可以在月球上行走了。自动运行的卫星已经可以胜任通信和天气预报的工作，而这本来是为载人空间站所设想的任务。不过冷战双方的领导人们还是对空间站的概念非常感兴趣。1963年，五角大楼方面宣布了可搭载两人的轨道实验室计划。虽然这项计划后来被取消了，却刺激了苏联。

苏联的回应

苏联的太空项目分散于互相竞争的设计局里面。空间站开发项目被分成了军方支持的金刚石载人轨道站和后期的科罗廖夫第一实验设计局所支持的民用长期轨道站。

“苏联的科学家们认为在地球轨道上设立可更替宇航员的空间站才是人类进军外太空的正确道路。”列昂尼德·勃列日涅夫在1969年10月说道。之后美国公布了天空实验室计划。为了在地球轨道项目上打败天空实验室，互相竞争的苏联太空项目设计者们同意开始合作。

合作的结果是一个金刚石计划的外壳加上由联盟号衍生出来的设备，包括太阳能板。礼炮1号（为了纪念尤里·加加林太空飞行10周年）于1971年4月19日发射。它的长度为15米，最宽的地方直径为4.15米，它的大小是由运送它的质子号火箭和苏联的铁路轨道结构决定的。

礼炮1号是地球轨道的第一个空间站，但它的命运是悲剧性的。4月23日，联盟10号因为对接失败而取消了进入空间站的任务。6周之后，联盟11号搭载的3名宇航员进行得还比较顺利。宇航员格奥尔基·多勃罗沃尔斯基、维克托·帕查耶夫和弗拉季斯拉夫·沃尔科夫在礼炮1号上生活了23天。

按照今天的标准来看，礼炮1号还是比较粗糙的。它用配重来维持指向地球的方向，它包含可以手动操作和控制方向的火箭推进器，但是不能补充燃料，因此限制了运行寿命。不过与之前的那些堪称幽闭空间的太空舱比起来，礼炮1号可以算得上是宫殿了。它配有塞满了东西的冰箱、一个餐桌、阅览室、锻炼用的健身车、一个半独立的卫生间，甚至还有一个温室，用来培养第一代无重力植物。宇航员们轮班工作，这样就可以不间断地监测地球，并进行与生物、天文和国防相关的实验。

电视直播让宇航员们在整个苏联都出了名，但是他们遇到的各种问题则没有在电视上播出。由于主望远镜的镜盖没能打开，许多仪器都没有了用武之地。另外他们刚刚进入礼炮1号的时候闻到一股烧煳的味

道，他们通过空气循环去除了这种味道，但是10天之后他们不得不去扑灭一场小型的电气火灾，这让他们感到很没有安全感。

1971年6月29日，宇航员们离开了礼炮1号，但是在快要返回的时候3人全部遇难。联盟11号的一个阀门出了问题，导致舱内的空气都被抽走了，而他们3个那时都没有穿宇航服。礼炮1号于当年10月坠入地球。

苏联试图在NASA之前再发射两个空间站，它们分别使用金刚石计划和民用长期轨道站的设计（现在这两种都叫礼炮号），但是都失败了。苏联接着又发射了第三个空间站，叫礼炮2号。它的升空比天空实验室早了一个月，但是在升空两周后其内部压强剧烈降低，这也许是运送它的火箭残骸造成的。



宇航员多勃罗沃尔斯基、沃尔科夫和帕查耶夫在遇难的前几天进行电视直播。





发射之后，天空实验室3号的其中一个太阳能板没能展开（左图）。天空实验室3号任务的宇航员不得不安装一个可分离的防热屏，也被称作“遮阳伞”（右图）。

因此当天空实验室在1973年5月14日发射升空之时，它成为天上唯一的空间站。由于资金限制，冯·布劳恩无法从零开始制造出一个空间站，因此他把土星火箭的上层改装成了一个完整的“轨道工作室”，里面加载了一个大型的太阳望远镜和一个基于陀螺仪的指向系统。

在一阵颠簸的行程之后，宇航员们看到了位于轨道上的天空实验室，它丢掉了一个防晒护盾和其中一个主太阳能板，而另外一个太阳能板则未能展开。温度过高再加上能量不足，天空实验室看起来没什么希望了。不过乘坐阿波罗太空飞船上来做维修工作的3名宇航员则不这么认为。“我们可以修复任何东西。”这是前探月宇航员皮特·康拉德的座右铭。

在阿波罗太空飞船第一次飞近天空实验室的时候，宇航员保罗·维兹试图展开太阳能板，但是未能成功。登上天空实验室就好像进入了炼钢高炉一样，里面的温度高达52摄氏度，因此宇航员们从气密过渡舱向外支起了一个遮阳伞来为内部降温。之后康拉德和约瑟·科文进行了一次舱外作业—将太阳能板拉开，此时太阳能板忽然自动展开了，把他俩都给弹了出去，不过他们的保护绳把他俩拉回了空间站。他们在空间站停留了28天，在当时创造了新的世界纪录。后来又有两拨宇航员来过，分别住了60天和84天。

天空实验室内的生活

如果说礼炮1号看起来像一个火车车厢，那么两层的天空实验室则更像是一栋房子，里面还有厨房和卫生间。天空实验室空间巨大，长36.1米，最宽处为6.6米，宇航员们甚至可以在里面测试喷气式背包，在墙上进行慢跑（天空实验室的陀螺仪可以减震），还可以使用公共广播系统来通信（声音在舱内稀薄的纯氧环境下不太好传播）。宇航员们被分配的实验任务包括从观测太阳耀斑和科胡特克彗星到观察蜘蛛在微重力状态下如何织网等。

天空实验室在1974年2月最后一次使用之后就空了。NASA制造了第二个空间站，却没钱将它送上轨道。天空实验室于1979年7月坠入大气层，残骸洒落在澳大利亚内陆地区。从此之后，苏联再没有了对手。

礼炮3号，也就是第二个金刚石号，于1974年6月25日进入轨道。为了协助它的监视功能的正常发挥，空间站上采用了与天空实验室类似的陀螺仪来维持它的指向，它还载有一个胶片返回舱，并利用可拆卸的太阳能板增强了可用电力。他们竟然还在舱体上放了一挺23毫米口径的

机枪。这挺机枪只在无人的时候才测试过开火，因为内部如果有乘员的话将会受到严重的后坐力影响。联盟14号的两名宇航员在礼炮3号上度过了15天。但是联盟15号则对接失败，当时差点以72千米/小时的速度撞在一起。

礼炮3号于1975年1月坠入大气层，那时民用的礼炮4号已经升空有一个月了。礼炮4号成了第一个接待过两拨宇航员的苏联空间站，联盟17号的宇航员在里面停留了29天，而不太情愿的联盟18号宇航员则在里面待了62天，即便舱内的环境已经开始恶化，舷窗开始起雾，墙上也开始长霉菌。







（从左至右）天空实验室3号的宇航员艾伦·宾和杰克·洛斯马飘浮在实验室的轨道工作室内，而爱德华·吉布森（天空实验室4号的宇航员）则在飘过一个舱门。



1985年9月，苏联的礼炮7号空间站与联盟T-14号补给船对接在一起。

他们一直停留在太空，见证了美苏两国的第一次空间合作。1975年7月17日，阿波罗号和联盟号太空飞船进行了一次看起来很简单的对接。没人能预见到这次事件对之后空间站的演化起了多大的影响。在当年的11月份，第一个无人驾驶的联盟号飞船与礼炮4号对接。为了测试

持久性，它们保持了3个月的对接状态。

最后一个金刚石号，也就是礼炮5号，于1976年6月22日起飞。第一批进入的人员没有待够时间就返回了，因为人员内部起了争端，还有人抱怨舱内有令人作呕的气味。联盟23号由于故障未能与礼炮5号对接，因此气味问题就留给了1977年2月发射的联盟24号来调查了。联盟24号的宇航员带着呼吸机进入礼炮5号，但是里面的环境却是好好的。礼炮5号于1977年8月坠入大气层，这标志着军用礼炮空间站的结束，因为它们并不如间谍卫星有效。

第二波

在之后的一个多月里，轨道上一个空间站都没有。然后在1977年9月29日，礼炮6号上来了。作为下一代的空间站，它结合了金刚石号和联盟号的设计，并且在两端都安置了对接接口，也就是说它可以同时接待两波宇航员。它里面的空气、水和燃料都可以利用无人的联盟号太空飞船（被称作进步号）来补给。因此它的寿命也被延长到了将近5年，而不是几个月。总共有16名宇航员造访过它。在最后一名宇航员离开之后，礼炮6号与军方开发的补给运送飞船（TKS）对接在了一起，使得其身形变大了不少。





1975年7月17日，联盟号（左图）和阿波罗号（右图）在太空对接在了一起，这开启了苏联和美国合作的新时代。



（从右至左）最初的礼炮6号宇航员尤里·罗曼年科和格奥尔基·格列奇科正在欢迎来访者阿列克谢·古巴列夫和弗拉迪米尔·列梅克。

在1982年4月19日礼炮7号进入轨道的时候，礼炮6号还在太空之中。靠着进步号和补给运送飞船的不停补给，礼炮7号空间站接待了5批来此长期居住的宇航员（其中一个宇航员在轨道上停留了237天）和同样数量的短期来访者。在长达8年多的运行时间里，礼炮7号显示了极好的稳定性，而这并不仅仅是因为宇航员们在上面做过一些有挑战性的维修工作。1983年发生了一次严重的燃料泄漏事故，泄漏的推进剂具有腐蚀性。宇航员一共通过5次舱外作业才将其修好。这也证明了苏联能够进行太空行走的人数是与美国相当的。

到了1985年，整个空间站都需要抢修。无人的礼炮7号最终耗尽了能源，被遗弃在太空中。在一次大胆的行动中，弗拉迪米尔·贾尼别科夫和维克托·赛维尼克从联盟T-13号上进入了这座“死掉”的空间站。当时他们穿着皮衣，但感觉里面冰冷极了，空间站里的空气也因不流通而污秽不堪，墙上布满了冰柱。他们重新启动了这座空间站，用了两周时间才把里面的温度升到0摄氏度以上。之前的故障据说是一个传感器的电池问题造成的。修好了的礼炮7号后来又接待了两批宇航员。

1986年2月19日，礼炮7号在太空中迎来了它的下一代，第三代的空间站和平号。和平号是由礼炮号衍生出来的，它的基座有6个对接口，因此可以组建拥有多个模块的空间站。1986年5月，和平号的第一批乘客—两名宇航员，进行了一次特殊的旅行，礼炮7号一日游。他们

在这座老空间站上停留了50天，拆下了350千克的仪器供和平号使用。

被遗弃的最后一座礼炮号空间站一直停留在轨道上，直到1991年2月。但是这些实验性的空间站已经达成了它们的使命，也就是为正在运行且在持续增容的和平号做准备。

图说首批空间站：礼炮号和天空实验室



这是礼炮7号，苏联礼炮计划的最后一个空间站。图中它与一个联盟号太空飞船连接在一起。它在1982—1986年 期 间是有人值守的。与礼炮6号一样，它也有两个对接口。



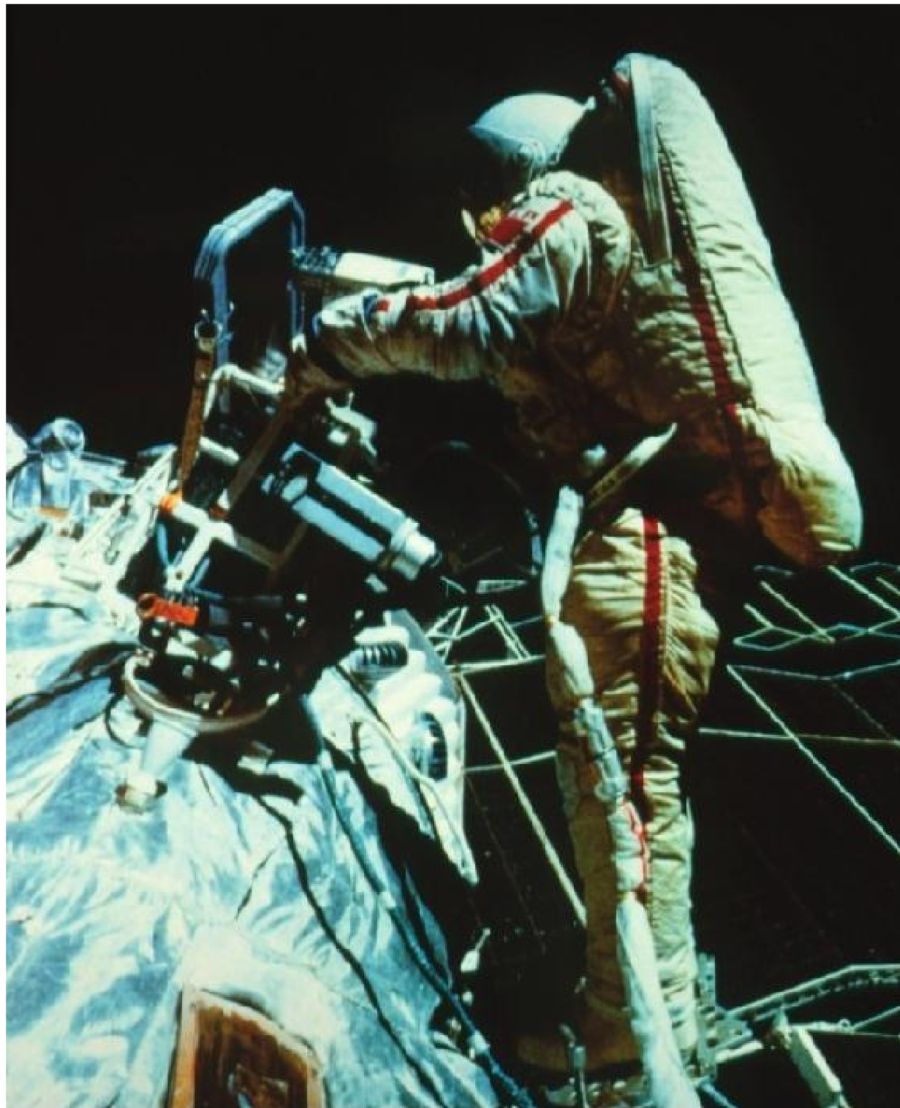
苏联宇航员维克托·戈尔巴特科（左图）和范遵（右图）。范遵是第一个进入太空的越南人。1980年7月23日他们飞向礼炮6号空间站，范遵在那里种植了植物并拍摄了越南的照片供制作地图用。



这是从礼炮6号空间站上看到的地球曲线。站上的第二对接口让来访的宇航员们可以在轨道上做短期的（一周左右的）停留。



1978年3月，捷克宇航员弗拉迪米尔·列梅克正在礼炮6号上测试一个增压服。苏联宇航员阿列克谢·古巴列夫和格奥尔基·格列奇科在一旁查看。



1984年7月25日，斯维特兰娜·萨维茨卡娅成为第一个进行太空行走的女性。她在礼炮7号空间站外停留了3.5小时。



人们在莫斯科红场集会悼念1971年7月遇难的格奥尔基·多勃罗沃尔斯基、弗拉季斯拉夫·沃尔科夫和维克托·帕查耶夫。他们在返回大气层之前由于太空舱骤然减压而遇难。



1974年，NASA的天空实验室空间站。天空实验室从1973年至1979年一直停留在太空，不过有人值守的时间只有171天。在此期间宇航员们进行了许多科学实验，包括对太阳进行细致的研究。



1974年2月3日，天空实验室的宇航员在进行最后一次太空行走。宇航员爱德华·吉布森正在舱口上面，一根从空间站内部延伸出来的管线连在他身上为他提供氧气。



宇航员杰拉德·卡尔在天空实验室内进行行动设备实验。这次实验的目的是挑选最适合舱外活动的设备。



天空实验室的食物远比NASA之前提供的液体食物要好得多。宇航员们可以利用这款托盘加热食物，从而可以按照自己的喜好挑选食物。



天空实验室4号任务的指挥官杰拉德·卡尔在零重力下用他的一根手指撑起威廉·波格。



爱德华·吉布森在检查阿波罗望远镜的控制面板。阿波罗望远镜是装在天空实验室空间站上用来监测太阳耀斑等活动的望远镜。



杰拉德·卡尔飘浮在天空实验室轨道工作室的圆顶区域，这是空间站里面最大的一个区域，是由土星1B火箭的闲置空间改装而来的。



宇航员约瑟夫·科文钻进天空实验室的睡袋里面。他头上戴的特殊的帽子可以通过测量他的脑电波来记录他的睡眠情况。



1973年，蜘蛛阿拉贝拉在经过一次失败的尝试之后，终于在天空实验室里织成了一张对称的网。实验显示这张网跟在地球上织成的不一样，它在厚度上并不均匀。



这张是1973年12月天空实验室的宇航员拍摄的科胡特克彗星的照片。宇航员拍摄的照片帮助科学家们测定了彗星的亮度。

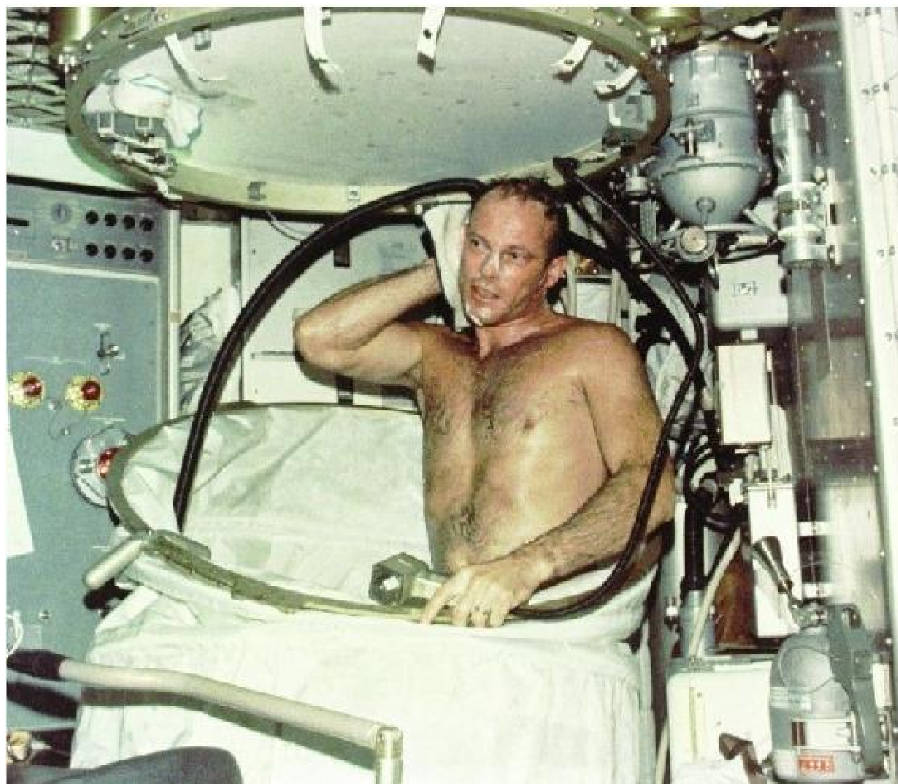


这张是皮特·康拉德在天空实验室里锻炼的照片。康拉德之前曾经搭乘阿波罗号去过月

球，但是据说他更加为在天空实验室的经历自豪，因为在这儿取得的科学成就更大。



1973年6月，天空实验室2号任务的指挥官皮特·康拉德用倒悬的姿势来做口腔检查。



1973年宇航员杰克·洛斯马在天空实验室内享受热水澡。浴帘是从地面拉起来的，而水则被真空系统抽走。

新的翅膀

航天飞机在它30年的服役生涯中取得了很多成绩。它的成功发射帮助人们修复了一系列的卫星，还包括深受大众喜爱的哈勃空间望远镜。它对国际空间站的建设也起到了重要的作用。但是这种多用途航天飞机的缺点就是造价高昂。重复利用航天飞机进行新任务的花费非常巨大，而且它的飞行记录上还有两次灾难性的失败。



1981年4月12日，哥伦比亚号起飞。这是航天飞机的第一次任务，也被认为是史上最具风险的太空飞行。

第一架航天飞机

航天飞机是史上最先进的太空飞船，而驾驶它的人员也都是最勇敢的宇航员。

文：肖恩·布莱尔





发现号航天飞机正在执行飞往国际空间站的任务。航天飞机功能多样，可以运送新的人造卫星，也可以修复旧的卫星。



亚特兰蒂斯号咆哮着冲向太空。它的两个固体火箭推进器在发射初期辅助3个主发动机提供动力。

有一种太空飞船，它的长度大约是波音747喷气式飞机的一半，起飞时像一个火箭，而降落时则像一架飞机。它可以执行各种任务，比如运送货物、当作维修船、用于军事以及当作科学实验室，当然还可以作为建造国际空间站的施工船。

它的名字就叫航天飞机，直到今天，它跟其他任何一种太空飞船比起来仍然都是非常新潮的。不过，时间对这种“德高望重”的太空飞船并不友好。

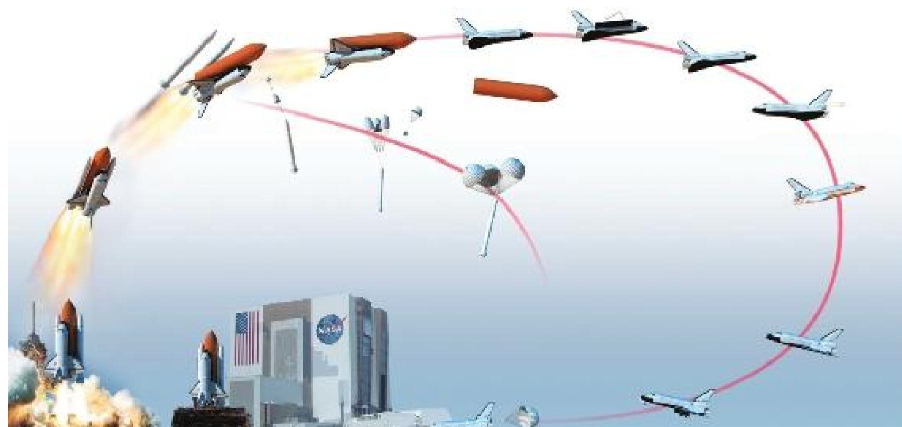
这种多功能太空飞船的价格是非常昂贵的。虽然航天飞机可以重复使用，但人们发现它的花费比它所取代的一次性火箭还要贵。根据NASA的数据，航天飞机每次发射需要4.5亿美元，是苏联的质子号重型火箭花费的5倍多。NASA在很长一段时间里不得不削减研究费用来补贴航天飞机的运行费。

为了进入轨道，航天飞机必须在不到9分钟的时间内加速到接近8千米/秒（也就是声速的23倍）。航天飞机的3个主发动机靠燃烧液氢提供动力，同时，它也需要从一个外置的容器向外喷射液氧助燃，而喷射速度可以在25秒之内将一个小型游泳池内的水耗干。即便如此，它们提供的推力还是不够将2030吨重的满载的机身推向天空。还有一对固体火箭助推器来提供另外71%的推力。

只有一个问题，那就是助推器一旦点燃就无法灭火了，就像烟花一样。在点火之后再经过紧张的几分钟，助推器就会被弹射出去，后期会被找回重复使用。之后的飞行将会明显平稳很多。大约7分钟后，外置容器分离，太空移动推进器将航天飞机推入轨道。外置容器的大部分会在大气层中解体。

进入轨道之后，为了保护脆弱的热防护系统（TPS），航天飞机开始“向后飞”，也就是朝机尾的方向飞行。TPS会在航天飞机返回大气层的时候对其进行绝热保护，保证安全返航。航天飞机返回大气层时候的速度是子弹的10倍，它在大气层中进行一系列的转弯，先向一边倾斜，然后再转向另一边，借此将动能转化成热能。在此过程中能达到1600摄氏度的高温，但是TPS阻绝了这些热量，保护了航天飞机的铝质框架不被熔化。

跟传统的“绝热”防热屏不同，TPS和航天飞机的其余部件一样，都是可重复使用的。飞机的内层贴了大约24300块二氧化硅隔热板，外表面铺有隔热毯，并且在机翼边缘和机头部位还用碳-碳复合材料做了强化。但是在2003年2月1日，哥伦比亚号左翼部分的TPS剥落，导致过热的碎片从63千米高的地方散落到美国南部，而机上的7名宇航员全部遇难。



固体火箭助推器在点火2分钟后分离，9分钟后外置容器分离。在着陆时，航天飞机无动力滑翔至跑道之上。

驾驶航天飞机毫无疑问是有很大风险的。统计数据显示，在133次航天飞机的飞行任务中，出现过2次失事和14次严重失误。宇航员迈克·

穆莱恩在他的《驾驶火箭》一书中揭露，他感觉乘坐“史上最危险的载人太空飞船”的时候比为美国空军驾驶飞机进行战斗还要恐怖。

但是直到2003年哥伦比亚号失事，航天飞机的飞行才被叫停。后来政府经调查，下令这些老化的太空飞船要在这个世纪的第一个10年之内退役。从那之后，航天飞机零部件的生产线就停产了。

2005年，当时的NASA局长迈克尔·格里芬将航天飞机定性为历史性错误。“现在大家普遍都认为这并不是一条正确的道路，这是一个很有野心的设计，而我们则刚刚好能够实现它。”不过格里芬筹划的航天飞机替代品，战神1号火箭，预估的造价则是发射航天飞机的两倍，而且不能携带重型货物。不出所料，战神1号在2010年被取消了。

航天飞机的起源

航天飞机的概念源于一个宏大计划中的一小部分。1969年9月，后阿波罗计划署向理查德·尼克松总统提交了一份提案。该提案指出：想要建造一架可完全重复使用的航天飞机，用有人驾驶的推进器发射，可以多次往返空间站，并备有一个可以去往更高轨道的太空“拖车” 。尼克松几乎驳回了这份提案中所有的东西，除了这架航天飞机，他称赞这种可重复使用性可以“将航天工业天文数字般的花费降低”。这项决定的结果就是，之后的太空探索只能在低轨道上进行。

为了省钱，航天飞机需要频繁起飞，最初的设想是每周一次。这将是美国政府唯一的太空运输工具，因此美国空军也加入了进来，他们想用航天飞机来运送军事载荷。

不过空军方面也有一些要求：为了能容纳最大的侦察卫星，航天飞机的货舱大小需要是NASA最初预期的3倍。最初它的机翼设计得比较短小，为了有更好的易移动性，翼展也必须扩大。航天飞机最初的目标是要能自己飞回地球，但是新的设计让这个目标变得不太现实，于是目标被改成建造一个部分可重复使用的系统。质量的限制意味着航天飞机需要在无动力的情况下滑翔返回地面。

最终的设计方案复杂无比，航天飞机包含250万个零部件、370千米长的电线，由此产生的副效应就是准备再次航行所需的时间将是几个月，而不是几天。臃肿的航天飞机必须被捆绑在火箭上，这样每次发射的时候都有损坏的风险。

航天飞机的建造地点位于美国加利福尼亚州的唐尼市。第一架航天飞机出厂于1976年9月，取名为企业号，名字来源于科幻片《星际迷

航》粉丝们的提议。它最初造出来并不是为了太空飞行的，而是骑在一架波音747飞机上从7.9千米的高度向下进行滑翔测试。宇航员们当时不太信任它的航空动力学设计，因此给它取了个“飞砖”的绰号。不过这架航天飞机已经具有了先进的计算机操控的“线传操纵”系统——一种在现代飞机上常见的技术。



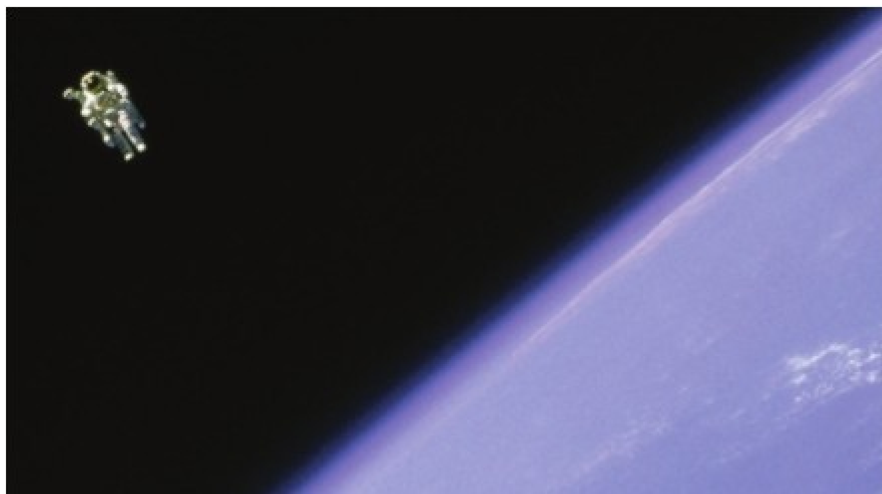
阿波罗计划的老手 —约翰·杨，他是哥伦比亚号航天飞机第一次飞行任务的指挥官。



企业号从未飞入太空，它被一架747飞机从空中投下，用以测试航天飞机的滑翔能力。

相比而言，建造航天飞机还是容易的，但是将各个系统整合起来则

需要花费数年时间。在太空苦苦等待航天飞机良久而无果的天空实验室于1979年坠入了大气层。哥伦比亚号航天飞机于1981年4月12日开始了它的第一次任务，代号STS-1，这比预期晚了两年。由于航天飞机的设计，它是不能实现无人驾驶的，因此宇航员约翰·杨和罗伯特·克里彭被选中来执行这次美国历史上最危险的载人航天任务：驾驶一个完全没经过测试的太空飞船和火箭的组合奔向太空并返回地球。



布鲁斯·麦坎德利斯二世于1984年进行了第一次没有保护绳的太空行走。他借助喷气式背包从挑战者号向外飘浮了98米。

　　这两名勇敢的宇航员装备了弹射座椅，虽然未经过测试。一个间谍卫星会监测航天飞机的热防护系统以确认它是否完好。一切都很顺利。在经过了另外3次试航之后，这架航天飞机于1982年的美国独立日那天被宣布为“完全可用”。

　　接下来是忙碌而成功的3年。航天飞机运送了数不清的人造卫星进入轨道，并且修复了很多出问题的卫星。进行太空行走的宇航员在载人移动单元（一种喷气式背包）的帮助下将目标卫星“抓”回来，进行维修或者返厂。载人移动单元简直可以说是单人太空飞船，它让宇航员们可以自由地在太空飘浮。

　　到1985年，航天飞机共发射了9次，还有更多的发射安排在下一年。空军为了能让自己的卫星进入间谍卫星偏爱的极轨道，甚至在加利福尼亚州的范登堡空军基地准备了他们自己的航天飞机发射架。

　　不再安全

但是后来航天飞机的内部结构超过了安全飞行的极限。两个主发动机失灵，一个着陆用的轮胎爆炸，并且有几个固体火箭助推器没能完全燃烧。为了赶上任务进程，这些危险都被无视了。在1986年1月，挑战者号于升空73秒后爆炸。这次事故让NASA管理部门与工程师沟通的方式曝光于大众。负责进行事故调查的是诺贝尔奖得主、物理学家理查德·费曼。他看出了其中的关键问题，他说："维持公共关系也必须先尊重事实，因为大自然是不能被愚弄的。"

两年之后航天飞机才得以再次起飞。新的安全制度降低了航天飞机的最大载荷，于是军方和商业公司只能再次依靠无人火箭的发射。即便是载人移动单元也因为太过危险而被迫退役。

在航天飞机项目再次启动之后，NASA专注于处理积压的需要航天飞机发射的特殊装置，包括探索木星的伽利略号探测器、探测金星的麦哲伦号探测器、探索太阳极地的尤利西斯号探测器，还有哈勃空间望远镜。

航天飞机治好了冷战创伤

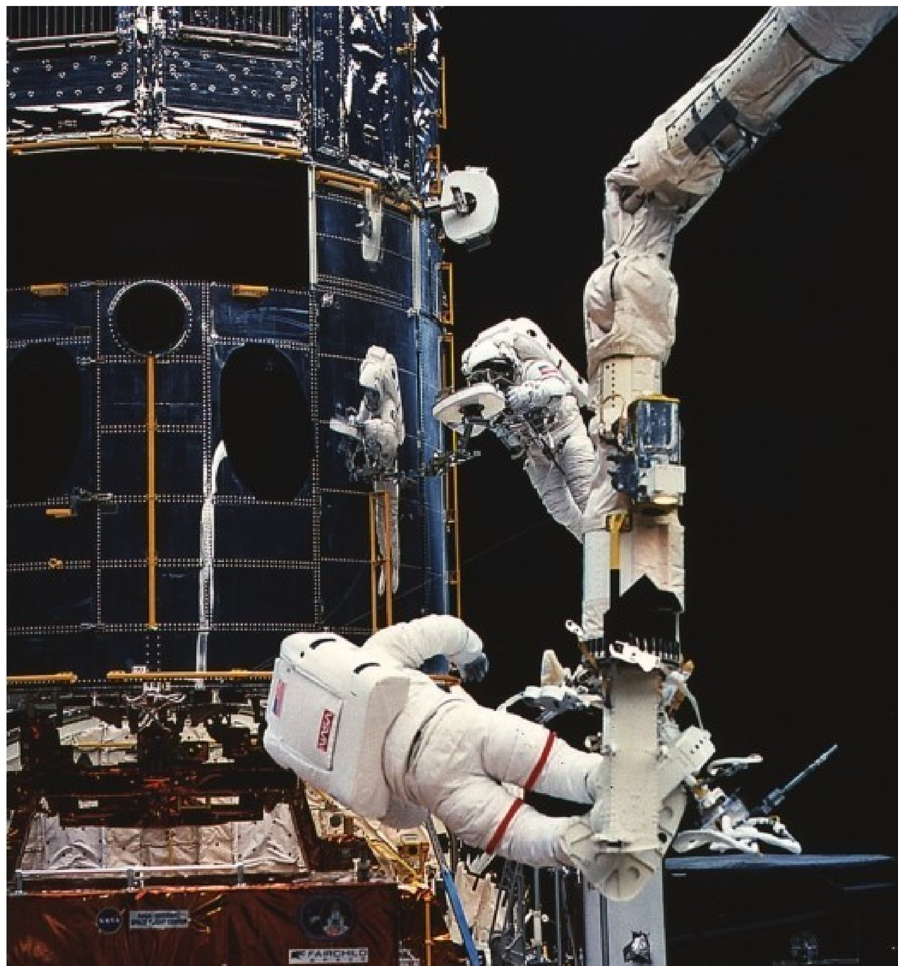
是哈勃空间望远镜最终拯救了航天飞机项目。当人们发现哈勃空间望远镜的主镜变形的时候，一个大胆的维修计划被提了出来。美国国会比较谨慎，他们担心笨拙地进行太空行走的宇航员有可能会毁掉这个价值25亿美元的设备。但是1993年的维修任务大获成功。宇航员们为哈勃空间望远镜加装了改正透镜，使其为我们带来了无法想象的宇宙图景。

后来宇航员们又进行了4次维护任务，这大大延长了望远镜的寿命。虽然这些维修的花费足够再造几个全新的空间望远镜了，但是这显示了航天飞机的宇航员们有能力在轨道中建设一座空间站。

早在1984年，里根就正确地预见到，在10年之后，航天飞机会为空间站服务。不过它所服务的空间站却是俄罗斯的和平号空间站。以前的竞争双方放下了成见，俄罗斯的和平号空间站接待了美国的宇航员。1995年2月，STS-63任务进行了一次"近和平号"排练，当时航天飞机距离这座俄罗斯的空间站只有11米。到1998年，航天飞机与和平号共进行了9次对接，在此过程中宇航员们给空间站加装了一个对接模块、一些太阳能板，还带来了补给。

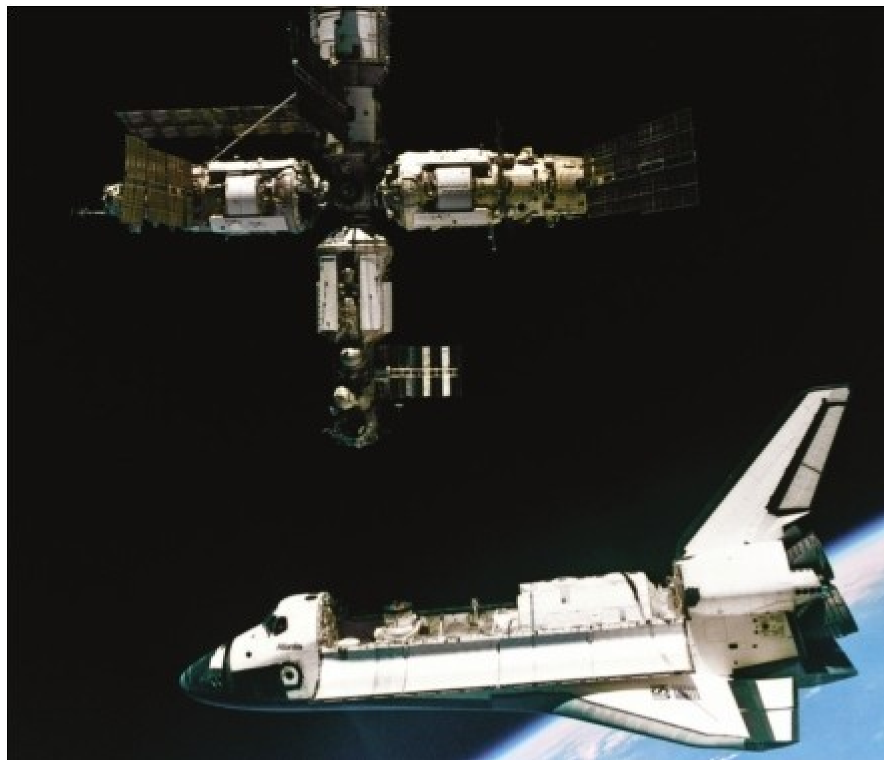


1986年1月，挑战者号爆炸之后的照片。



1993年，固定在奋进号上的杰弗利·霍夫曼在为哈勃空间望远镜安装一个新的相机。

与和平号对接的经验让NASA热切期待建设国际空间站。到2000年，航天飞机舰队可以全部投入到这项任务上。但是其中一架航天飞机没有参与国际空间站的建设。哥伦比亚号航天飞机被赋予了纯科学的任务STS-107。这次任务看起来并没有什么特殊的风险，而事实上是航天飞机的管理者们再次低估了风险。2003年2月，历史再次重演，哥伦比亚号在返回地球的时候于大气层烧毁。NASA的安全问题再次暴露在聚光灯下。人们发现哥伦比亚号当时起飞的时候还携带着超过6000项可能致命的错误。这些都因为“安全免责”条款而使航天飞机通过了管理者的安全检查，被允许起飞。



1995年7月4日，亚特兰蒂斯号离开和平号空间站。这是美国的航天飞机第一次与俄罗斯的空间站对接。

挑战者号与哥伦比亚号的灾难有很多共同点，最开始都是由极端的天气引起的。挑战者号固体火箭的“O形”橡胶垫在0摄氏度以下的低温下变得脆弱，而本来应该非常轻的隔热系统碎块则因为充满了冰块而撞坏了哥伦比亚号。在这两次事故中，NASA的管理层都没有对这些险情有所行动。

再次飞行

剩下的航天飞机在两年之后才再次启用。为了防止发射产生的残骸威胁到轨道中的其他太空飞行器， NASA开始在太空中实行严格的舱体检查，同时配备一个急救用的航天飞机在发射架上待命。所有剩余的飞行任务，除了哈勃空间望远镜的最后一次翻修，都被投入到国际空间站上。到2011年为止，航天飞机共与国际空间站有过35次交会。

航天飞机任务影响深远，它所建立的空间站将永远提醒我们这些失去的航天飞机。虽然现在我们并不清楚什么会取代航天飞机，但是美国国会已经授命NASA去建造一款“由航天飞机衍生的”重型推进器。有一

款类似的太空飞船已经在飞了：无人驾驶的X-37B太空飞船。它于2010年4月被美国的宇宙神5号火箭送入太空，在轨道上停留了7个月之后自动滑翔回到基地。滑翔过程中飞机受到了下一代防热屏的保护。X-37B现在仍然是军事机密，但它也许就是未来航天飞机的雏形。



航天飞机在国际空间站的建设中起了重要作用。图中为2005年发现号航天飞机与命运号实验舱对接在一起。











最后一架航天飞机是为了代替挑战者号而用剩余零件造成的。它在1993年进行了哈勃空间望远镜的第一次维修任务，并在第二年用雷达对地球进行了测绘。1998年，它发送了美国制造的第一个空间站模块—团结号节点舱。

图说航天飞机（1979—2011年）:NASA的航天飞机



1977年9月，航天飞机的原型机—企业号，它通过飞越加利福尼亚州的罗杰斯干湖来测试航天飞机的滑翔着陆能力。这些测试持续了9个月。



执行第一次航天飞机任务的宇航员—罗伯特·克里彭，他正在哥伦比亚号航天飞机内的零重力环境下表演杂技。此次任务持续了两天多。



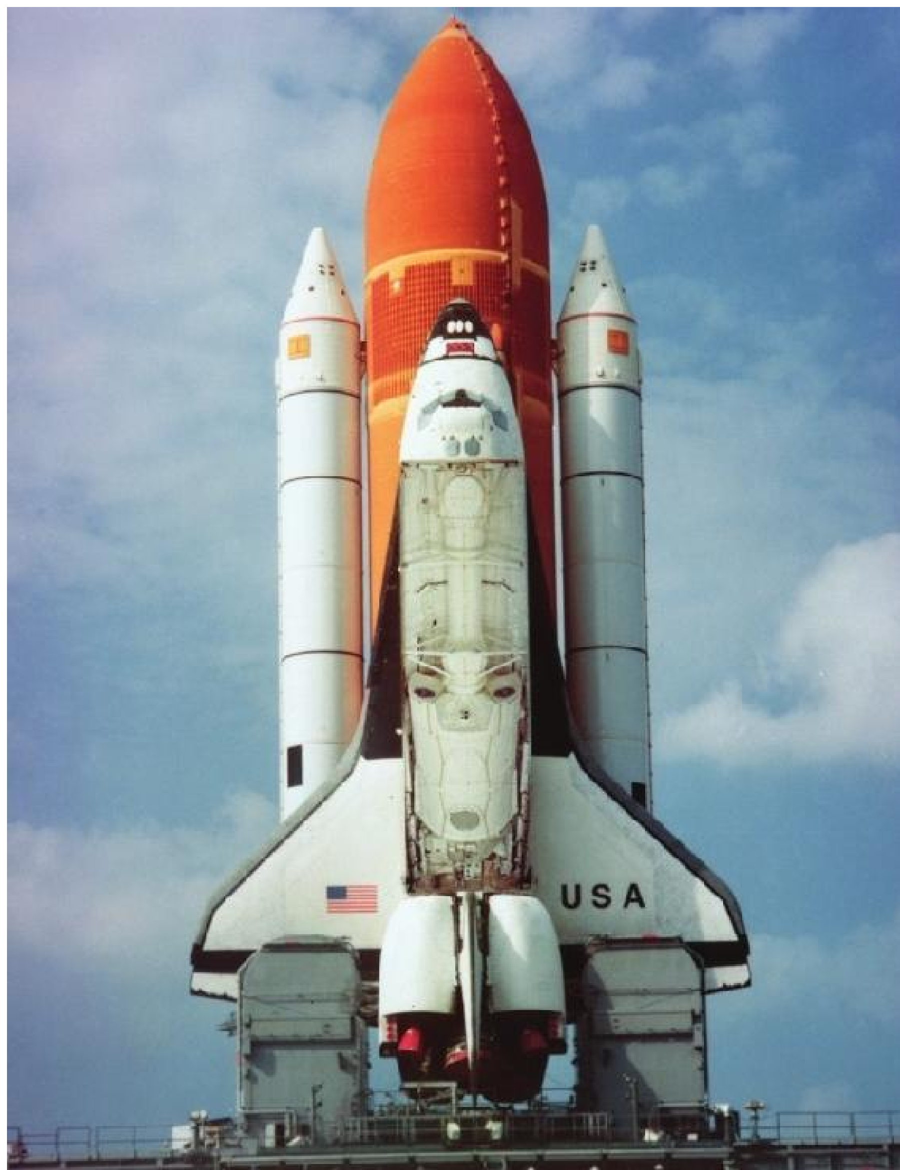
1979年5月1日，企业号被拉去发射架。作为一架测试机，它没有发动机和防热屏，而且从未飞入太空。



1981年4月，在哥伦比亚号的第一次任务过程中，指挥官约翰·杨在零重力下刮胡子。



哥伦比亚号航天飞机在成功完成第一次任务之后于1981年4月14日在爱德华兹空军基地着陆。



在这张重复曝光的哥伦比亚号航天飞机的照片上可以看到可重复使用的空间实验室。空间实验室在1983—1998年间共飞行了22次。



罗伯特·帕克、拜伦·利希滕贝格、欧文·加里欧特和乌尔夫·默博尔德在空间实验室内。他们在这里进行了70多项实验。



1983年9月5日，第一位非裔美国宇航员—圭恩·布鲁福德在挑战者号上骑动感单车。



在挑战者号STS-51L任务中遇难的宇航员。后排左起：鬼冢承次、克里斯塔·麦考利

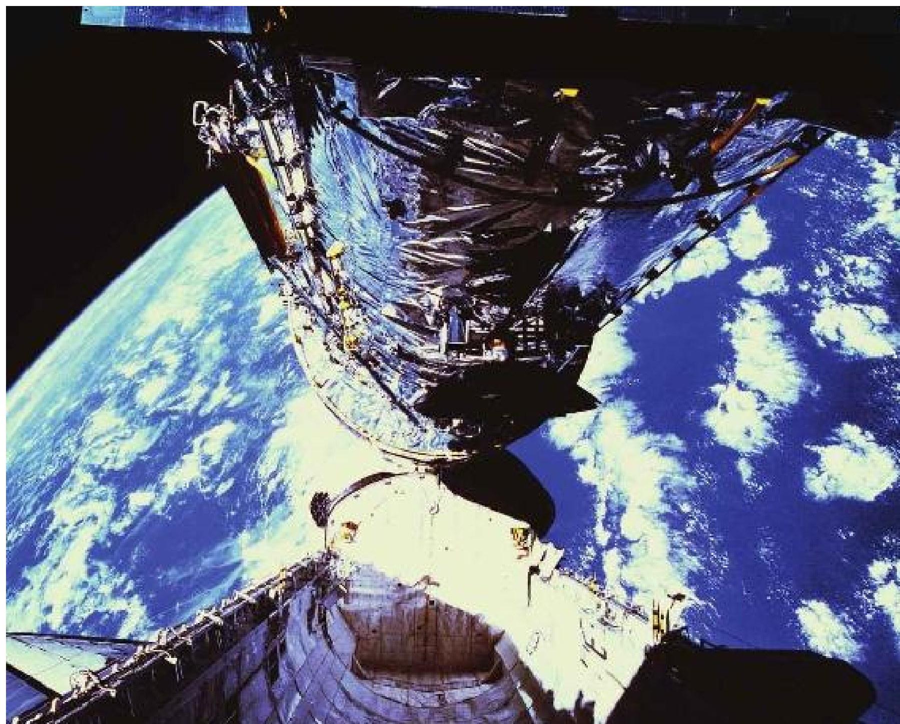
夫、格里高利·贾维斯、朱迪·蕾斯尼克。前排左起：迈克·史密斯、迪克·斯科比、罗纳德·麦克内尔。



1986年1月，教 师 克 里 斯塔·麦考利夫在为挑战者号的任务进行训练。挑战者号后来失事。



1986年1月28日，挑战者号航天飞机在升空73秒后于大西洋上空爆炸，机上7名宇航员全部遇难。



1990年4月，哈勃空间望远镜从发现号航天飞机的货舱内被释放出来。发现号这次冲到了610千米的高度，这也是它迄今为止所到达的最高点。



1990年4月25日，哈勃空间望远镜在太空中自由飘浮。两个月后，天文学家发现它的镜面有严重的缺陷。



1993年12月，斯多里·马斯格雷夫在维修哈勃空间望远镜的过程中拉住奋进号航天飞机。



1993年12月8日，奋进号上的凯瑟琳·斯尔顿花了6小时来为哈勃空间望远镜更换太阳能板。



1993年12月9日，斯多里·马斯格雷夫和杰弗利·霍夫曼在距离地面600千米处的奋进号航天飞机的机械臂上。



1994年2月3日，谢尔盖·克里卡列夫（左二）成为第一位登上航天飞机的俄罗斯宇航员。从他左手边起顺时针方向依次为：肯内斯·雷特勒、指挥官查尔斯·伯尔登、罗纳德·赛加、南希·戴维斯、张福林。





1995年2月在发现号的STS-63号任务中拍摄的和平号空间站。此为发现号第二次造访这座俄罗斯的空间站。

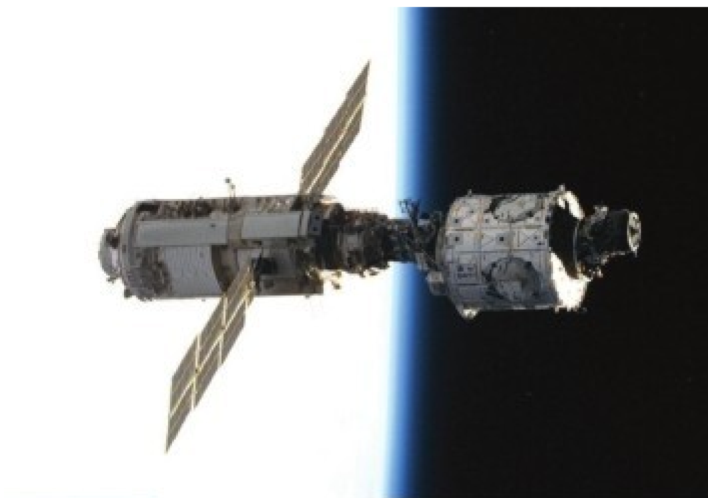


1995年艾琳·柯林斯在STS-63号任务中驾驶发现号与和平号空间站交会。她是第一位乘坐航天飞机的女性。



杰瑞·罗斯（左）和詹姆斯·纽曼在1998年12月第一次组装国际空间站的任务中进行太

空行走。背景为曙光号的太阳能板。



航天飞机第一次执行到国际空间站的任务，图中俄罗斯制造的曙光号太空舱和美国制造的团结号节点舱对接在了一起。此照片拍摄于1998年12月13日，左边为曙光号，右边为团结号。



失事的哥伦比亚号上的宇航员。蓝色T恤（从左至右）：大卫·布朗、威廉·麦库尔和迈克尔·安德森；红色T恤（从左至右）：卡尔帕娜·乔拉、里克·赫斯本德、劳雷尔·克拉克和伊兰·拉蒙。



哥伦比亚号航天飞机的指挥官里克·赫斯本德在飞行控制面板前。他和同伴在2003年2月1日飞机解体时全部遇难。



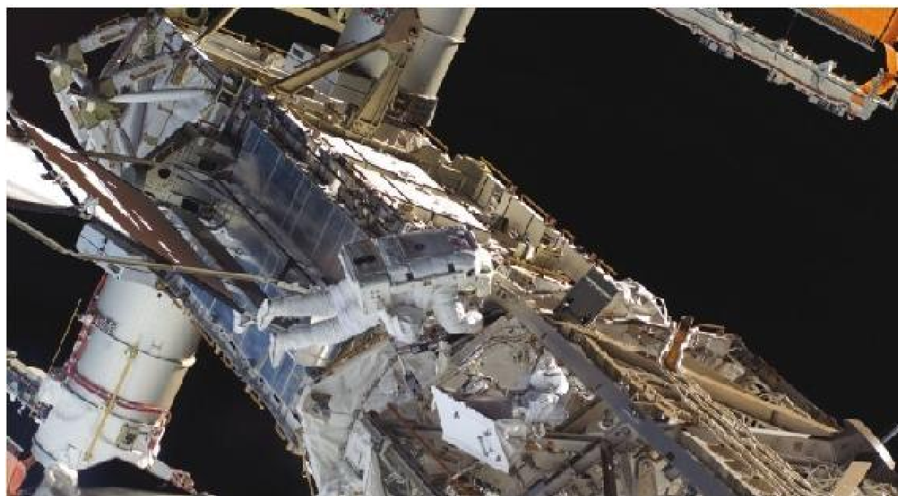
2003年2月，哥伦比亚号航天飞机的残骸被收集起来并分类放在位于路易斯安那州巴克斯德尔的空军基地的机库里。



2006年12月18日，在国际空间站的组装过程中，罗伯特·科尔比姆通过一个气密连接舱进入真空环境。在这次任务中，他创下了4次舱外活动的纪录。



图为托马斯·莱特尔拿着一个实验室用的冷冻器。他是第一位执行长期国际空间站任务的欧洲人。他于2006年在命运实验室中工作了将近6个月。



2008年11月，奋进号的宇航员史蒂夫·博文在一次6小时的舱外活动中清理国际空间站外面的一块太阳能板。此次任务还要搭建新的宇航员宿舍。



2010年5月14日，亚特兰蒂斯号升空飞往国际空间站。这是它的最后一次任务，它携带了6名宇航员，包括出生于英国的皮尔斯·塞勒斯。



2010年5月23日，国际空间站在亚特兰蒂斯号航天飞机的视线里消失。横在图中的白色棒状物为航天飞机的机械臂。

太空联盟

NASA有航天飞机，俄罗斯有和平号空间站。大环境的改变导致这对曾经的竞争对手变成了合作伙伴。马上，欧洲的国家也会加入合作的队伍。在这个新的时代，我们将看到史上最大空间站的落成，以及人类在地球轨道上所能到达的最远之处所进行的科学研究。

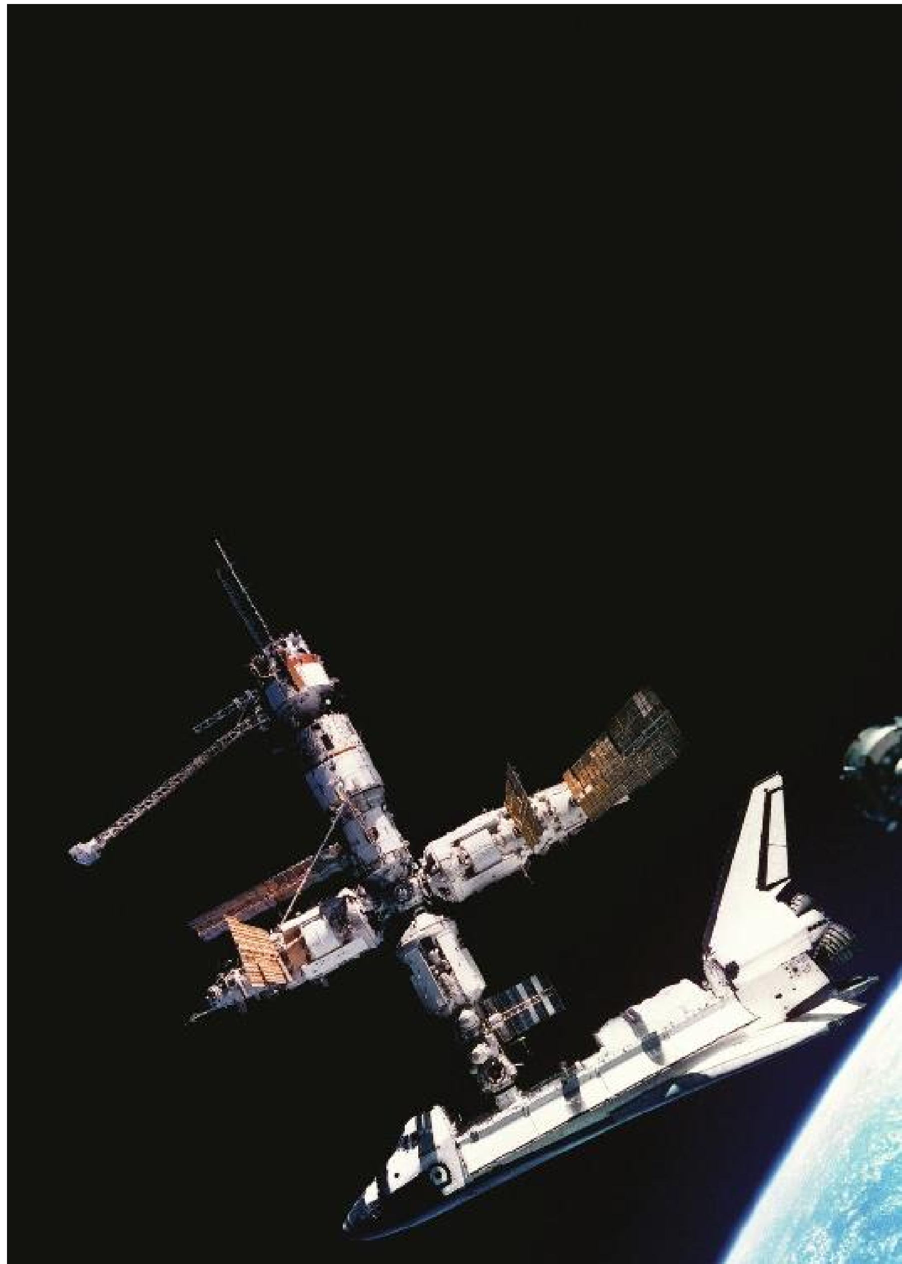


俄罗斯的联盟号火箭是多个国家合作的产物。直到今天它仍然肩负着给国际空间站运送补给的任务。

一座空间站的诞生

旧时的竞争对手变成了合作伙伴，他们合力将航天飞机送入和平号空间站，并开始进行一项更加宏大的项目。

文：皮尔斯·毕松尼



亚特兰蒂斯号航天飞机与和平号对接在一起。照片为宇航员阿纳托利·索洛夫耶夫和尼可莱·巴达林于在附近盘旋的联盟号太空飞船上拍摄的。

在执行阿波罗计划的宇航员于1972年成功登月的时候，美国的航天飞机计划还只是写在纸上的潜在的未来计划。NASA希望能用航天飞机来建造一个放在地球轨道上的庞然大物。

1983年，时任NASA局长的詹姆斯·贝格斯觉得也许是时候在空间站

项目上争取一下其他国家的援助了。他与联邦德国科技部长—海因茨·里森胡勃会面并讨论了在地球轨道项目上与欧洲合作的可能性。几个月之后，意大利时任总理贝蒂诺·克拉克西对罗纳德·里根总统说，意大利非常愿意帮助美国建设空间站。

里根总统在1984年1月25日宣布：“我授命NASA在10年之内开发一个可以永久居住的空间站。我们希望友邦人士能帮助我们面对这项挑战，并且共同获益。NASA将会邀请各国参加这个项目，借此我们可以与合作者一起促进和平、建立繁荣、推动自由。”

1986年2月19日，苏联发射了和平号空间站的第一个模块。3周之后，和平号的第一批工作人员—列昂尼德·科兹姆和弗拉迪米尔·索洛夫约夫，从地面起飞。在登上和平号6周之后，他们乘坐来时的联盟号太空舱访问了苏联之前的空间站—礼炮7号。他们在礼炮7号上停留了50天，然后又飞回和平号继续停留了3周才返回地球。这是一项令人印象深刻的成就。



宇航员列昂尼德·科兹姆和弗拉迪米尔·索洛夫约夫是和平号空间站的第一批工作人员。

虽然地球轨道上的环境就像真空一样平静无波，但是在地球上，由于空气、污染和噪声的影响，环境正在迅速地变化着。

友谊之手

苏联解体之后，俄罗斯虽然几近破产，但仍不想放弃它最引以为豪的太空成就。

克林顿总统发现这是一个好机会。同时， NASA也需要支持，不仅仅是金钱上的支持，还有更重要的—一个更好的建造空间站的由头。克林顿也是左右为难，因为华盛顿的许多政客们斥责这个项目花费太多而且明显没有太多的科学意义。

而这座新的空间站成了美国推进全球计划的工具。鉴于俄罗斯不再是太空项目中的对手，里根时代所取的有些激进的名字“自由号”被否决了。该项目之后被改名为阿尔法，但最终改成了我们今天熟知的国际空间站（ISS）。



NASA局长丹·古德因和俄罗斯航天局局长尤里·科普特夫宣布国际空间站第一个模块的发射。

国际空间站的相关数字

◎从1998到2003年，航天飞机共有35次的飞行任务是专为组装国际空间站及运送宇航员而执行的。除此之外，俄罗斯还发射过2次重型运载火箭，41次进步号补给飞船以及进行过25次载人飞行。

◎与国际空间站相关的太空行走时间加起来共有1248小时。航天飞

机的工作人员共进行了38次太空行走，而国际空间站的人员则进行了161次。

◎与国际空间站相关的工作人员共有260万人，他们分布在全球500家研究单位、大学、空间中心和工厂。

◎国际空间站上的宇航员们共吃掉了22000顿饭。

◎国际空间站在地球上的质量是417300千克。

◎空间站的平均速度是27744千米/小时，绕地球一圈需要91～93分钟，具体时间随轨道高度不同而变化。

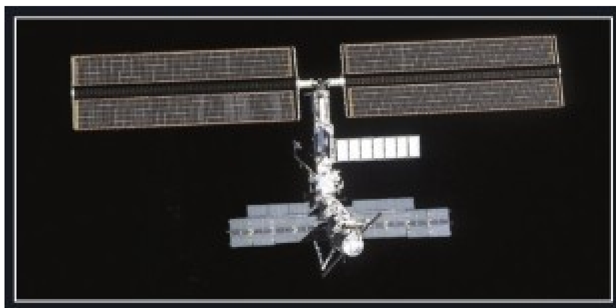
◎国际空间站的内部容积为837立方米，大致与波音747客机的乘客及机组人员的活动区域大小相当。

◎宇航员根纳迪·帕达尔卡共在太空中停留了879天，创下了世界纪录。他曾在和平号上生活过，并曾执行过4次国际空间站的任务，而且已经安排下了将会在2018年9月执行第五次任务。

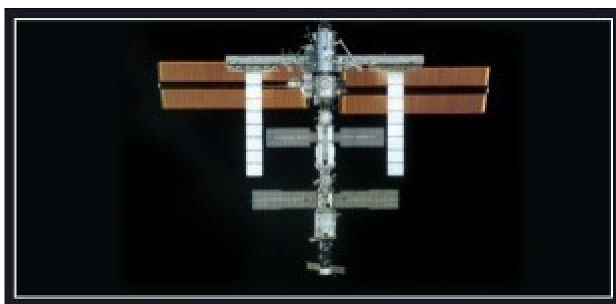
建设中的国际空间站



1998年12月，国际空间站最初的两个模块连接在了一起—右边是美国的团结号，左边是俄罗斯的曙光号。此时空间站处于无人状态。



2001年4月，加拿大臂2号安装完毕。加拿大臂2号是国际空间站上的第一个自动机器人系统，它可以帮助搬运模块和其他仪器。



2005年8月，航天飞机给国际空间站带来了补给。2003年哥伦比亚号失事之后，航天飞机项目就被暂停，因此国际空间站的建设也被迫暂停。这是哥伦比亚号失事之后的第一次航天飞行任务。



2007年10月，和谐号节点舱被送达空间站，它的到来让空间站里的可居住空间增大了20%，并且增加了未来的可扩展性。



2010年2月，航天飞机STS-130号任务期间，穹顶舱被安置在国际空间站上，从此宇航员们可以360度全景观察地球。

国际合作

现在有18个国家通过分布在3个大陆上的5个航天局参与了国际空间站项目。他们之间外交关系的复杂性堪比复杂的空间站硬件。但是和平共处的盟友关系也是建设国际空间站的主要理由。

在20世纪90年代，硬件部分已经开始建造的时候，最后的障碍是如何确立国际空间站的科学目标。这将是给未来进行载人火星探索任务提供服务的中间站吗？这样的话就需要有一个很快能上马的探索火星的项目，而现在并没有。另一个目标就是利用国际空间站来进行微重力研究。但是很多科学家抱怨说，这其实更适合无人的自动化平台来做，因为宇航员们在行动的时候会造成震动，从而破坏微重力实验所需要的平静的环境。

在NASA内部也存在着激烈的争吵。我们通常会将NASA看作一家单位，而实际上它却是由分散在不同地理位置的分部组成的：任务控制专家们在休斯敦，火箭设计者们在亚拉巴马州的马歇尔航天飞行中心，发射场在佛罗里达州，而总部则设在华盛顿特区。任务控制专家们提出从内到外建设国际空间站的想法，先从一个马上就能载人的模块开始，然后再向外扩大；而火箭设计者们则想先发射太阳能板和能源系统，然后再添加载人模块。最后休斯敦的专家们赢得了胜利，但花费了几年的时间和大把金钱才将此事搞定。

从里根的宣言到空间站的第一次硬件发射过去了10多年。首先亮相的是俄罗斯制造的曙光号控制模块，它于1998年11月20日在哈萨克斯坦的拜科努尔由质子号火箭发射升空。两周后，奋进号航天飞机将团结号节点舱送入轨道。首批3人组工作人员于2000年11月乘坐俄罗斯的联

盟号太空飞船进入国际空间站，从此以后国际空间站一直有人值守。



现在宇航员们靠俄罗斯的联盟号太空飞船往返于地球和国际空间站之间。

完成国际空间站拼图

与此同时，NASA和俄罗斯航天局需要练习在地球轨道上的对接。在1995到1997年间，8位美国宇航员访问了苏联建造的最后一个空间站—和平号空间站。“航天飞机-和平号”项目让NASA得以将长了一对翅膀的太空飞船与空间站的对接模块连接在一起。

国际空间站上的科学实验



材料与流体科学

大部分金属和半导体材料的制造都受对流的影响。液体对流时，冷的部分会下沉。在微重力环境下的测试结果揭示了如何使材料更均匀地降温并让它们变得更纯净。



基础物理学

固体、流体和气体是非常不同的，但是它们之间的转变会造成一种转瞬即逝的状态，叫作“相变”。在太空中，我们可以在没有其他外力作用的环境下研究原子物理中这个领域的问题。



生物学

生命如何感受引力，又如何对其做出反应？引力除了会帮助植物和其他有机组织区分上下（让根部和幼芽知道向哪个方向生长）以外，还有什么作用呢？



医学



国际空间站上的宇航员每天在跑步机上进行两小时的运动来保持身材。



在地面上就不容易使用的筷子，在食物飘浮起来的时候使用更是让人为难。



和其他东西一样，睡袋也必须固定起来。图中这只睡袋被固定在了墙上。

国际空间站还有两个新的模块要加载。俄罗斯的科学号多功能实验舱计划于2019年被质子号运载火箭送入轨道。它将利用一个小型推进器

和控制平台与国际空间站对接。然后同年还将会发射码头号节点舱。

航天飞机凭着巨大的载荷能力（可以承载7位宇航员并具有巨大的货舱），成为建设国际空间站及运送宇航员的主力设备。但是这个系统已于2011年退役了。在当时，NASA还没有能够替代航天飞机的太空飞船，因此宇航员们只能依靠俄罗斯的联盟号太空舱进入国际空间站。



2012年，一个SpaceX龙号太空飞船的变体成为给国际空间站运输补给的第一个商业太空飞船。

补给任务是由俄罗斯、日本、欧洲的政府及私人企业执行的。ESA的重达20吨的自动运载飞船是欧洲建造的最复杂的太空飞船，它一次能运送重达7.5吨的补给、推进剂和科学仪器，是俄罗斯同等量级的进步号载重的3倍。日本也有自己的自动运载飞船—H-II运载飞船。

2012年，由贝宝公司的企业家伊隆·马斯克创立的太空探索技术（SpaceX）公司，成为第一个给国际空间站运送补给的商业公司。该公司所用的龙号飞船是由其自己制造的猎鹰9号火箭发射升空的。在此之后，轨道科学公司也用自己的心宿二火箭发射了他们的天鹅座太空飞船。但是所有这些太空飞船都不能载人，至少现在不行。

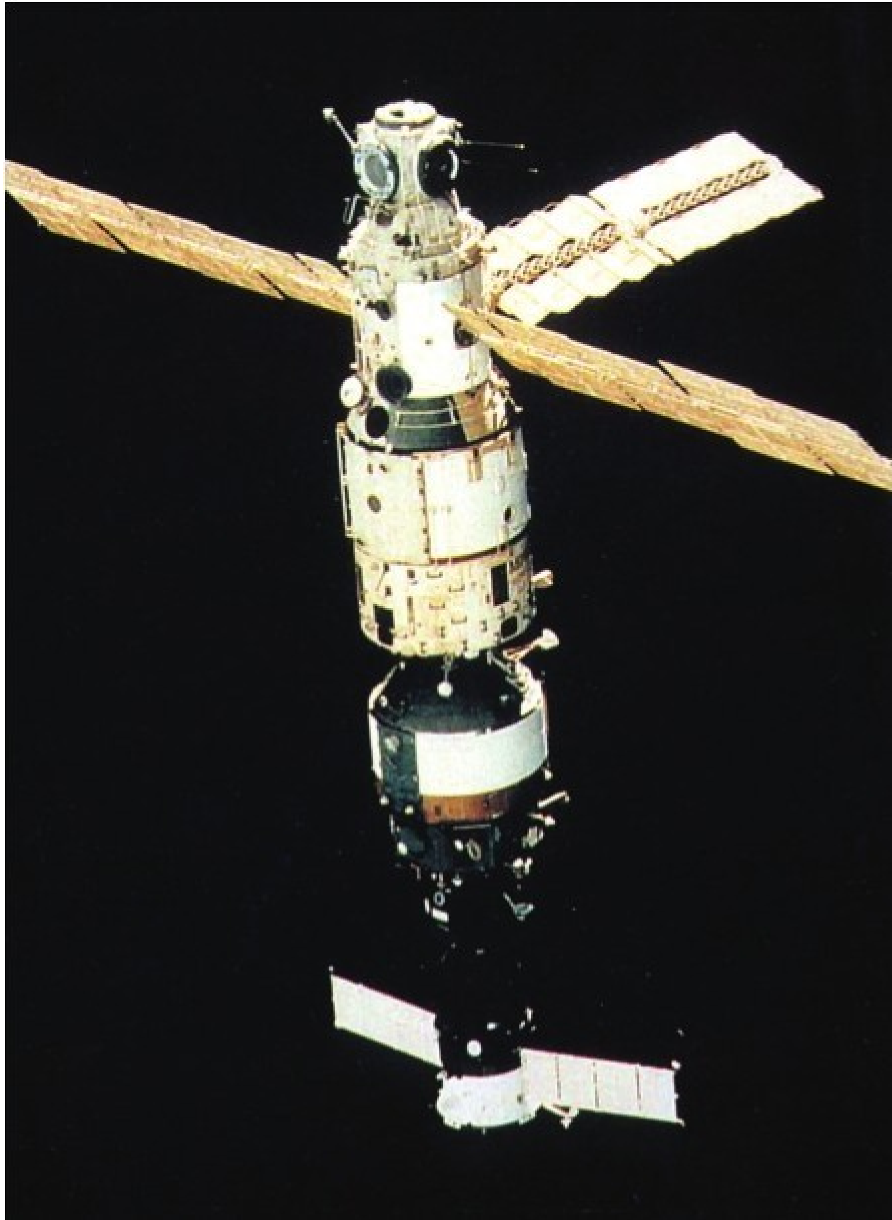
图说太空基地（1986—2017年）：和平号与国际空间站



和平号空间站上最初的两名宇航员——弗拉迪米尔·索洛夫约夫和列昂尼德·科兹姆——正在培训法国宇航员帕特里克·鲍德里（右一）。这两人以前也曾登上过礼炮7号。



穆萨·马纳罗夫（左）和弗拉迪米尔·季托夫（中）于1988年刚刚从和平号空间站返回时拍摄的照片。



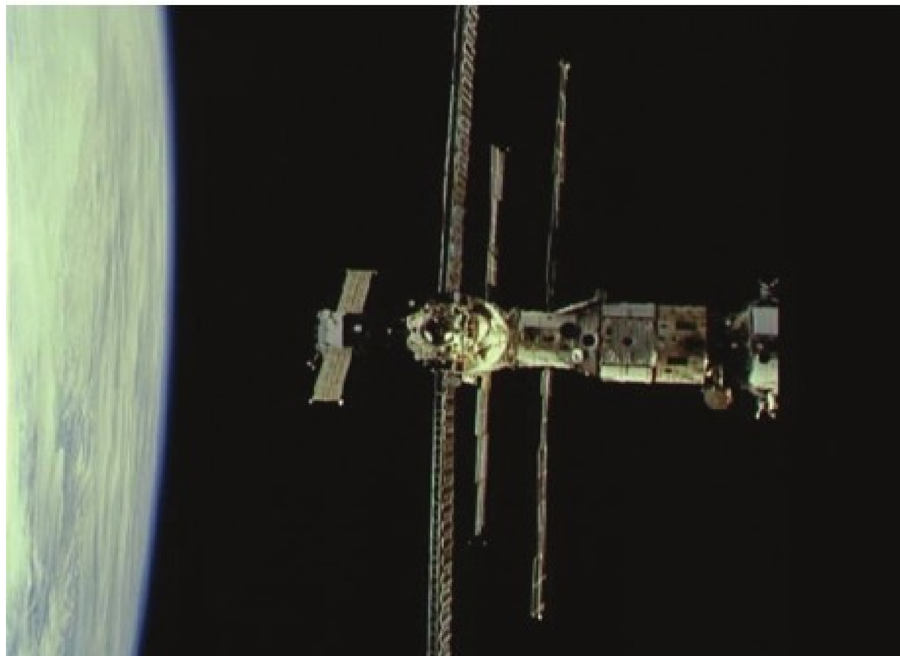
量子1号是和平号空间站的第二个模块。图为1987年4月它与空间站的基座以及联盟号太空飞船对接在一起。



食品科学家海伦·沙曼于1991年5月在和平号上停留了8天，成为第一个进入太空的英国人。



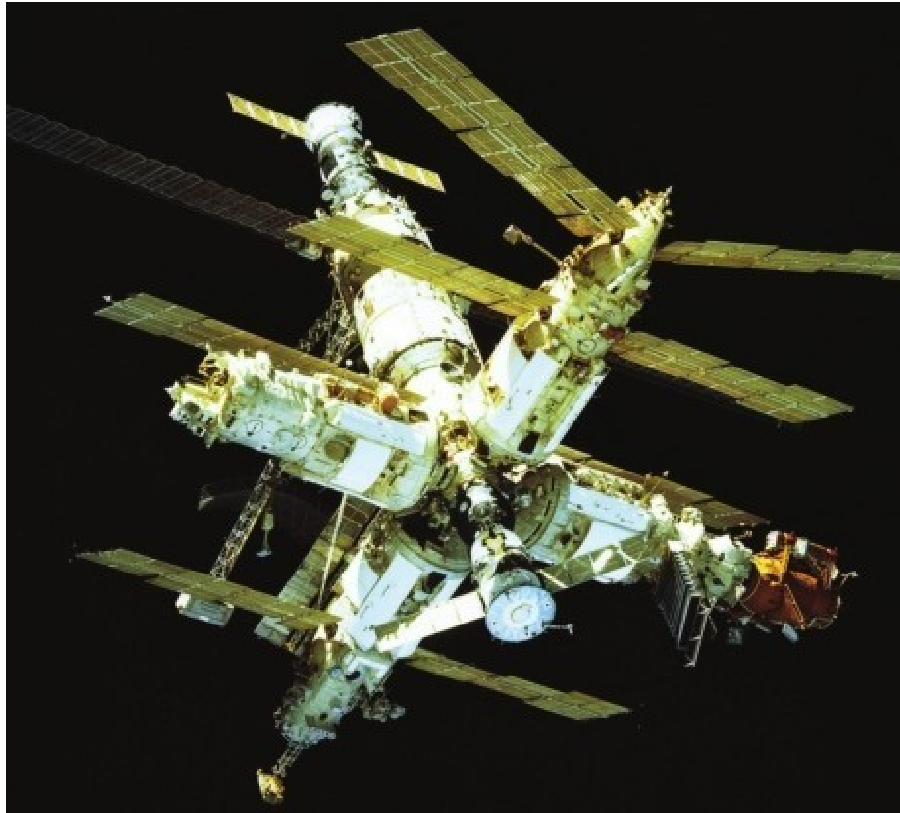
亚历山大·伏尔科夫和谢尔盖·克里卡列夫成为“最后的苏联公民”，因为苏联在1991年宣布解体的时候他们正在和平号空间站上。图中右边为让-卢普·克雷蒂安。



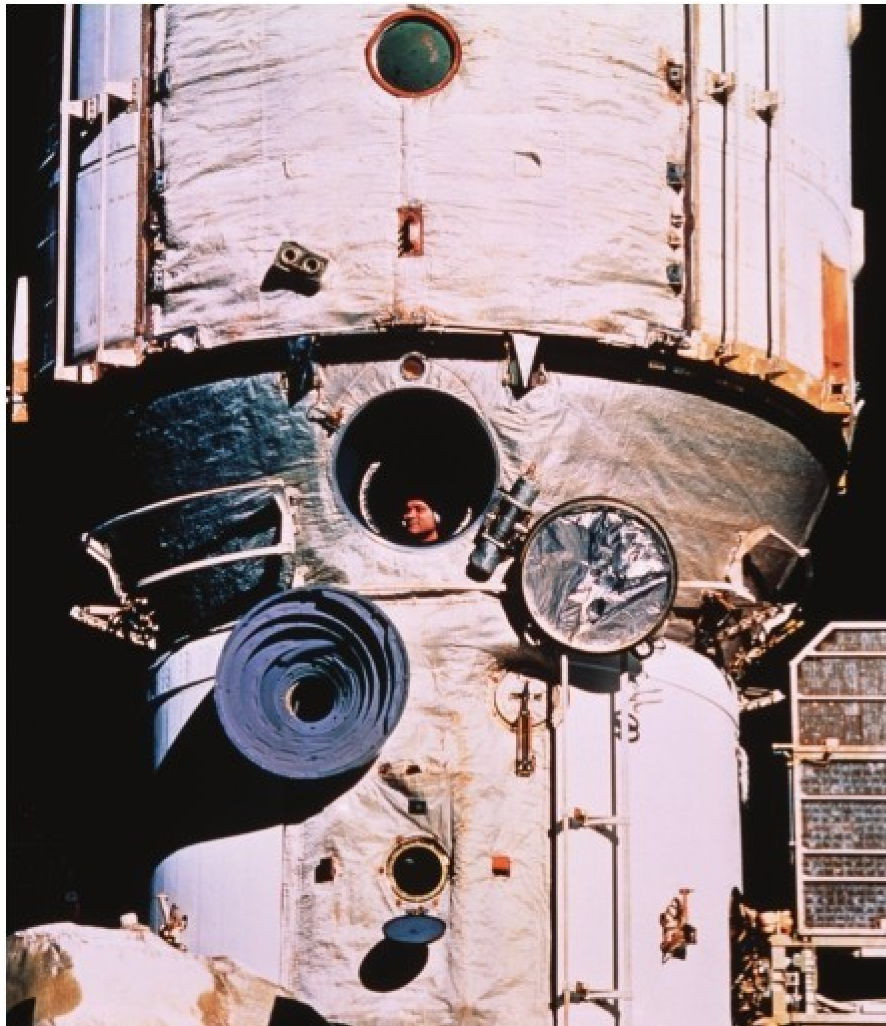
1995年2月，发现号航天飞机接近和平号空间站，显示了美俄两国的密切合作。航天飞机共执行过11次去往和平号的飞行任务，在第二次任务中，航天飞机离和平号只有11米。



1996年3月，美国宇航员香农·路西德在和平号空间站的基部进行锻炼。她在俄罗斯的空间站上停留了6个月。



和平号的第七个，也是最后一个模块—自然号，于1996年4月安装完毕。与自然号相对的另一头顶端是一个橙色的对接舱。自然号可以进行远程遥感。



俄罗斯宇航员瓦勒里·波利亚科夫通过和平号空间站的一个窗户向外看。照片是于1995年2月从发现号航天飞机上拍摄的。



1997年5月，出生于英国的宇航员迈克尔·富勒正在和平号上操作一架摄像机。他在这座空间站上停留了4个多月，还曾通过一次6小时的太空行走帮助修复了被损坏的舱体表面。



1998年，国际空间站的首批模块对接在一起，左边是俄罗斯的曙光号，右边是美国的团结号。



2000年12月4日，国际空间站最初的宇航员（从左至右）尤里·吉德津科、威廉·谢福德和谢尔盖·克里卡列夫在起居区玩乐。



2001年10月8日，弗拉迪米尔·德朱罗夫在国际空间站内为第一次在没有航天飞机情况下的太空行走做准备。



五颜六色。2001年4月26日，国际空间站的第二批宇航员和奋进号航天飞机的宇航员一起在拉法埃洛模块舱内。



2002年11月1日，新的联盟号TMA-1太空飞船在地球边缘的光亮映衬下接近处于黑暗的太空中的国际空间站。



2004年4月，迈克尔·富勒在国际空间站的命运号模块舱内进行姿态实验。命运号是一个美国的实验舱。



2006年7月，国际空间站上第一位长期停留的欧洲宇航员托马斯·莱特尔正在阅读星辰号模块舱的操作指南。



罗伯特·班肯（左）和尼古拉斯·帕特里克正在安装ESA制造的穹顶舱—太空中最大的窗户。



2010年2月，特里·威尔茨（左）和杰弗利·威廉姆斯在穹顶舱的窗户前。



尼古拉·帕特里克在为穹顶舱的开启做准备，他去掉了7扇窗户的防热屏和固定螺栓。



2010年3月，第22次飞往国际空间站的一名宇航员拍摄的我们的蓝色星球。



一次太阳风暴之后，从国际空间站内看到的壮观的极光。



袭击路易斯安那州之前的飓风丽丽和它直径30千米的风眼。2002年摄于国际空间站。



2001年1月23日，墨西哥城东南方向的波波卡特佩特火山喷发，让国际空间站的宇航员们有幸看到了它冒出的高达9千米的烟雾。



美国海岸城市莫比尔、新奥尔良和休斯敦在夜晚闪闪发亮。图中近处为联盟号太空飞船的太阳能板。



海拔3776米的富士山是日本最高的火山，它中间有一个250米深的圆坑。2004年2月摄于国际空间站。



2012年圣诞节，克里斯·哈德菲尔德在穹顶舱内调琴。他马上要与其他新成员一起唱圣诞歌。



国际空间站的宇航员们拼命帮卢卡·帕尔米塔诺脱下他的宇航服。他刚刚由于头盔漏水而停止了舱外活动。



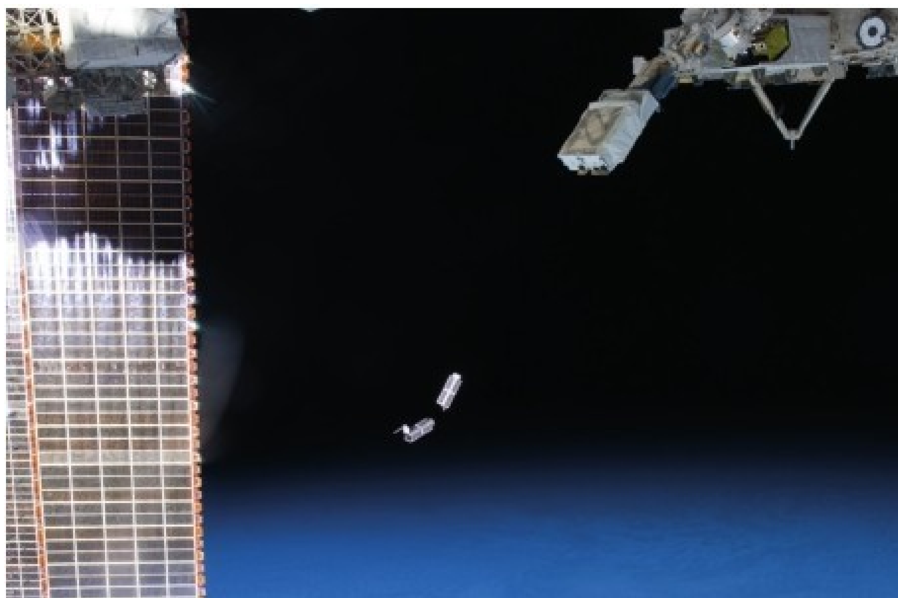
2014年4月18日，SpaceX公司的龙号飞船到达国际空间站，送来补给和实验用品。图为空间站的机器人手臂将其拉近。



人形机器人罗伯特诺特2号可以让宇航员进行远程精细操作。图为2013年克里斯·卡西迪正在进行操作演示。



图为2016年1月15日，英国宇航员蒂姆·皮克在国际空间站外进行太空行走任务间隙的自拍。



2014年2月，从国际空间站中释放出两批立方体卫星。这是一种小型卫星，其中包含科学仪器。



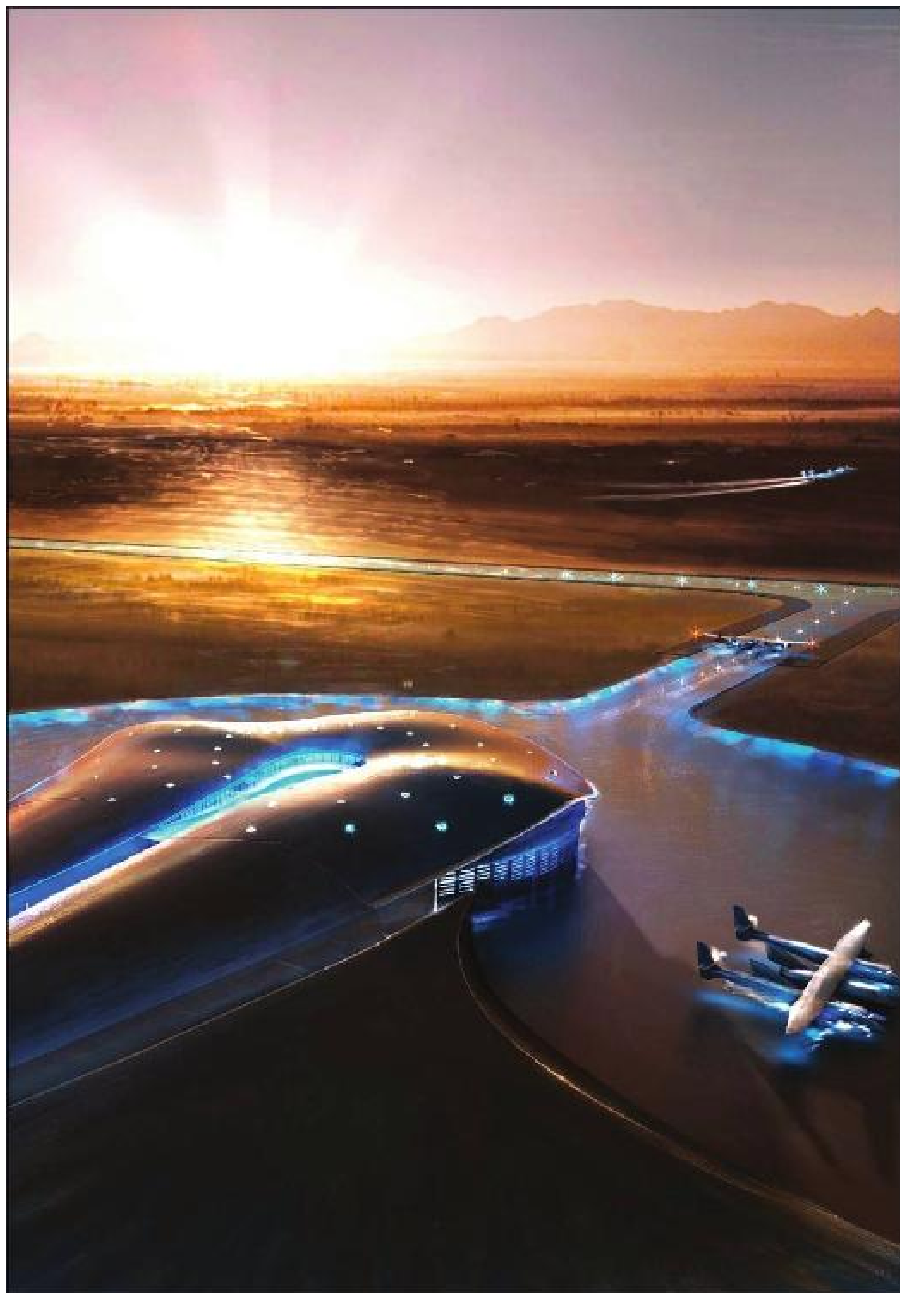
2015年10月，斯科特·凯利在穹顶舱。斯科特与他的孪生兄弟马克一起参加了“双生子研究”项目。此项目的目的是研究长期的太空飞行如何影响人类的身体。



佩吉·惠特森（中）正在国际空间站上。她被认为是在空间站上停留总天数最多的美国宇航员。她总共在太空中停留了534天，而俄罗斯人的纪录则是879天。

飞向未来

人类太空飞行的故事目前正处于一段不确定的时期。现在与商业相关的活动越来越吸引人们的眼球，比如太空旅行。也许近几年之内你就可以飞上太空。



新墨西哥州沙漠里的美国太空港想象图—如果维珍银河公司在未来能够将游客运送到太空中去的话。

载人航天的未来

国际空间站的退役时间已经近在眼前，但这并不是说人类对太空的探索就会由此停止—远远不会。

文：艾施·德芙-杰



长期的计划包括在其他行星上进行资源探索，因此在火星上挖矿也许会成为现实。



作为环绕地球飞行的最大人造物品，国际空间站可以在地面上用裸眼看到。

国际空间站是国际合作最伟大的成就。任何一个国家都不可能单独建造这样一座空间站，只有通过深度而且透明的合作才能将其完成。但是万事皆有终点，国际空间站也不例外，它将于21世纪20年代中期退役。不过这可远不是人类太空飞行的终点。

俄罗斯航天局计划在2019年为国际空间站发射两个新的模块—节点号和科学号。节点号是一个可以链接多种模块的基础组件，而科学号则是一个自成一体的平台，包含科学实验室、工作区、宇航员休息区、生命支持设备以及引导、导航和控制系统。

你也许会问，在国际空间站就要退役的情况下，为什么俄罗斯航天局还要给它安装两个新的模块呢？在国际空间站最终坠入大气层之前，俄罗斯航天局计划将空间站上的许多新的模块先分离出来，包括节点号和科学号。这些在轨道上已经经过测试的模块将会被安装在一个新的俄罗斯空间站上，叫作轨道导航组合和实验设施，这样就可以尽量减少没有俄罗斯人在太空值守的时间。

中国国家航天局给自己的太空计划起了一系列有诗意的名字。他们早前计划在2018年前后发射天和号太空舱，并以它为核心模块开始建设中国的大型模块化空间站（译注：目前仍在研制、测试阶段）。中国从2003年10月15日发射神舟五号开始，十几年的时间里一直在进行地球轨道载人飞行。宇航员杨利伟在地球低轨道上露面，他在21小时内环绕了地球14圈。中国空间站的原型，天宫一号于2011年发射升空，一共接

待过两名宇航员（译注：后又接待过其他宇航员）。天宫一号的使命于2016年3月正式结束，当时预计将在2017年年底坠入大气层（译注：天宫一号实际于2018年4月2日坠入大气层）。中国的第二座测试用空间站天宫二号于2016年9月发射。一个月之后，神舟十一号与其对接。宇航员景海鹏和陈冬进入天宫二号，并在上面停留了30天才返回地球，此次任务是中国迄今为止时间最长的载人航天任务。

天空中的另一座宫殿

天和号只是中国空间站中的一个模块。中国希望在2022年前后建成载人空间站。跟国际空间站类似，它将可以同时容纳6名宇航员。

中国空间站成功的关键在于给它运送补给的货运飞船天舟一号。天舟一号于2017年4月20日在海南省由长征七号火箭发射升空，它的第一次任务就是与天宫二号对接。

印度作为另一个迅速崛起的航天新秀，也在利用自己的火箭和载人太空舱稳步向前。2017年，印度空间研究组织计划利用他们最新型的地球同步卫星运载火箭来发射GSAT-19（一种辐射频谱仪）以及为正在开发的载人太空舱进行发射逃逸系统的安全性测试。

为何要进行太空探索？

我们不惜花费重金并冒着极大风险来推进载人航天项目的3个主要原因如下。



有益于社会和经济的发展

在NASA的阿波罗计划的执行过程中，美国的科学和技术方面的毕业生数量翻了一番，包括高中到博士的各种学历。它激发了美国整整一代人的想象力。在一个对科技发展越来越依赖的社会里，它推动美国在20世纪下半叶开始成为世界上最强的国家之一，并一直保持这个地位至今。单从这个角度来说，阿波罗计划的收益就已经超过了其花费的好几倍了。



资源

太阳每秒释放的能量大约是人类社会从最开始出现到现在所消耗的总能量的10000倍。太阳系里面大约有一打含水量比地球还要多的星球。泰坦（土卫六）上面有巨量的液化天然气，其储量大约是地球上石油和天然气储量的100倍。火星上拥有一切技术移民所需的基本资源。如果我们现在进行地球之外的探索，未来将会收获大把的资源。



规避生存风险

作为生活在单一星球上的生物，人类脆弱的生命面临着多种自然和人为的可能会导致灭绝的风险。将人类的生存范围扩大到别的星球之上，是使人类作为有感知力的智慧生命持续存活与发展的唯一行之有效的道路。贝宝和SpaceX公司的创始人伊隆·马斯克坚持认为火星是我们下一步理所当然的目标，而向这个红色星球移民则是在为我们的“文明之光”购买一份“长期保险”。

与俄罗斯航天局、中国国家航天局和印度空间研究组织不同，ESA并没有为自己的宇航员进行清楚的国际空间站退役之后的规划。几年之前，ESA曾经提出过一个模糊的建设月球村的宏大计划。“月球村”的概念在2016年的ESA部长级会议上又被提了出来，但是现在仍然停留在预研究阶段。ESA在十几年前也曾与俄罗斯共同开发载人太空舱，但是政治、地理方面的种种不便使得这个项目流产了。俄罗斯航天局从此转向开发自己的载人太空舱联邦号，而ESA则开始研制NASA猎户座太空飞船的服务模块。猎户座太空飞船是为了替代航天飞机而设计的类似阿波罗号的4人太空舱。而ESA研制的服务模块将包含猎户座飞船的能量、推进、载货及生命保障系统。

深空之门

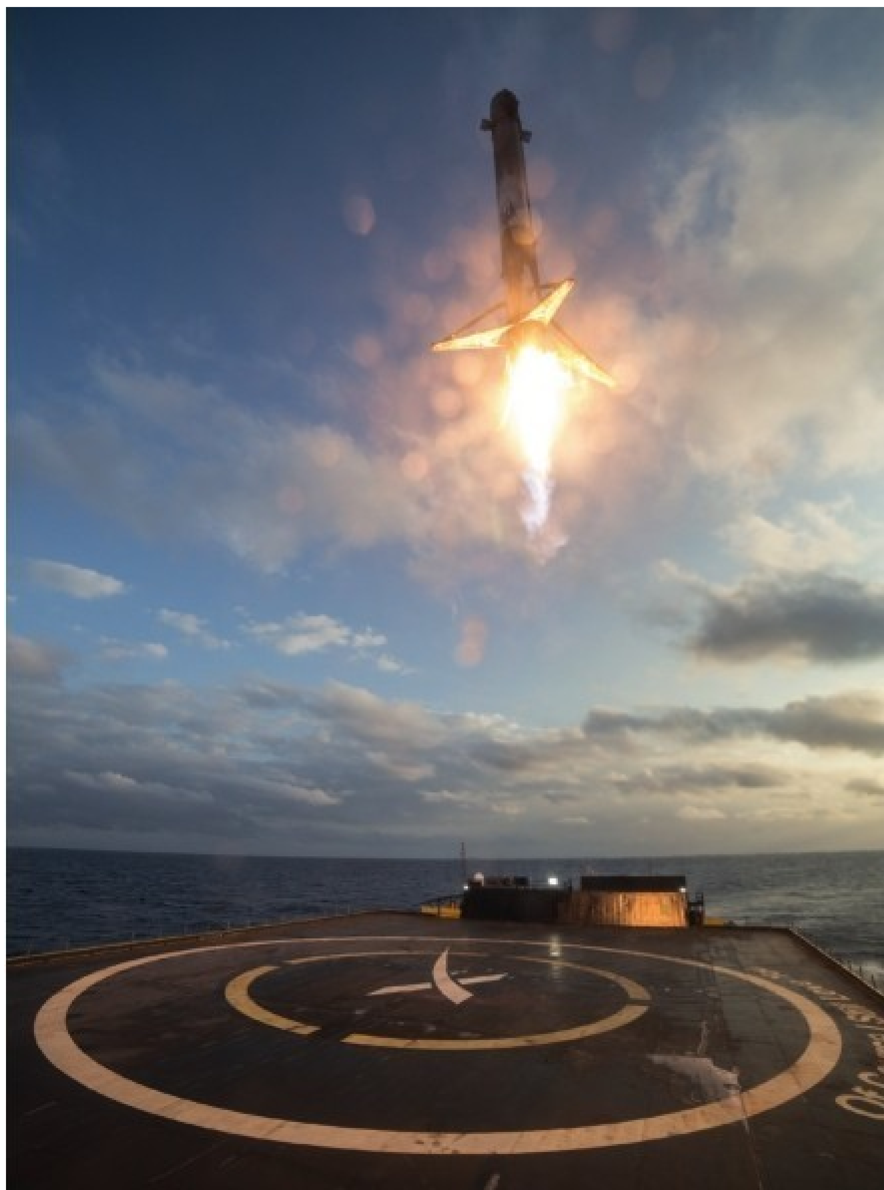
猎户座太空飞船本来计划于2018年10月进行无人绕月测试飞行，但是NASA宣布它有可能被推迟到2019年。这次延迟有可能让猎户座太空飞船在此次飞行中加载两名宇航员，成为一次载人的测试。猎户座太空

飞船早期的设计由于质量的限制，并不能在首次绕月测试中承载宇航员，但是随着设计的逐步成熟，飞船现在变得轻多了。

用来发射猎户座太空飞船的太空发射系统火箭也在同步研发之中。猎户座太空飞船及其太空发射系统是NASA后国际空间站计划的基石。未来NASA打算在月球的背面建设一个新的空间站，或者说“深空之门”。



NASA的猎户座太空飞船将会在未来的长期空间任务中作为宇航员的运输工具和生存的家园。



SpaceX公司成功展示了它的猎鹰9号可重复使用火箭的落地能力。

NASA的终极计划是利用猎户座太空飞船、太空发射系统和深空之门形成一个可以将宇航员送入火星轨道并能（通过飞掠金星）返回地球的大型任务。这个将持续3年的飞行计划初步设定在2033年发射起飞。这个计划的最后一块拼图就是宇航员在长期太空飞行中所需要的深空居住模块。

NASA已经拨款6500万美元给6家美国的航空航天工业公司来探索深

空居住模块的各种可能性并制造它的原型装置。这些设计和原型装置很可能在不久的将来就能展示给大众了。很可能深空之门就是一个在火星任务发射之前深空居住模块的测试体。

其中一个正在开发深空居住模块的公司叫毕格罗宇航。毕格罗宇航公司擅长开发可伸展的太空模块，该公司将把这种技术应用到自己的B330可居住模块上。B330的内部可用容积有330立方米，大约是国际空间站的1/3。这是非常惊人的。一个中型的火箭就可以将B330发射升空，而建成国际空间站则进行了将近40次发射。



毕格罗宇航公司制造的这种可伸展模块比之前制造的那些更容易被发射升空。

私人公司并不仅仅是在协助NASA将人类送上太空，这些公司也正在引领潮流。现在最令人激动的一家公司是SpaceX，它正在深刻地改变着航天工业。该公司成功地开发并演示了自己的部分可重复使用火箭——猎鹰系列火箭。这让航天发射的成本大大降低。想象一下，如果我们乘坐的飞机或者出租车都是一次性的，用完一次就要扔掉，那我们的路费将会多么昂贵。航天发射现在就是这样的，而SpaceX公司正在改变这种状况。将毕格罗宇航公司可伸展模块送上国际空间站做测试的就是装在猎鹰9号火箭顶端的龙号太空飞船。

商业化宇宙

SpaceX公司也有登陆火星的雄心，该公司做得比NASA更出色。2016年，SpaceX的创始人兼首席执行官伊隆·马斯克走上国际宇航大会的演讲台，他用1小时的报告展示了他们火星计划的结构、路线图，以及SpaceX公司为在10年之后运送数以百万计的移民到火星所设计的太空飞船和火箭。

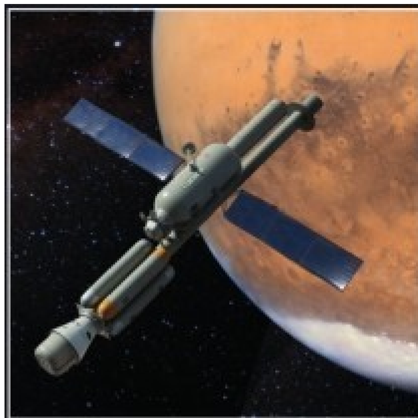
SpaceX公司还宣布将利用猎鹰重型火箭和龙2号（龙号货舱可载人的变种）运送两名付费的乘客（还有很多人在排队）到太空中进行为期一周的旅行，他们将飞到月球附近然后返回。这次旅行初步定在2018年，不过很有可能会延期，因为猎鹰重型火箭和龙2号太空舱都还没有进行过飞行测试。如果NASA决定进行猎户座太空舱绕月载人测试的话，我们也许会见证另一场太空竞赛，不是超级大国之间的竞赛，而是政府与私人企业之间的竞赛。



SpaceX公司希望它的龙号太空飞船在几年之内能够实现将“旅游的”宇航员们送去环绕月球。

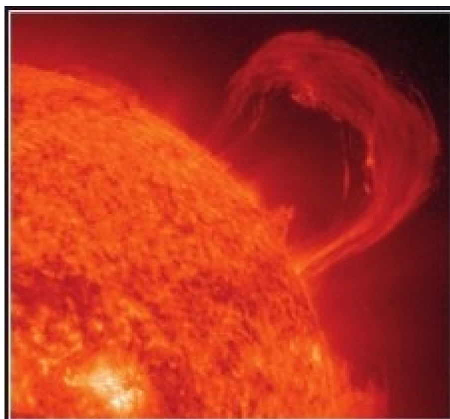
深空的挑战

去往月球是很困难的，接近火星则有另一些挑战需要克服。



可靠的系统

如果在深空里出现了问题，是不可能立即解决的，飞船也不能很快返回地球。去往火星的往返旅程大约需要500天，如果飞船的水循环系统在第一天就出了问题，那么只能等到第500天才能换个新的。把这些风险都算上的话，太空探索的任务成本会大幅增加，而这种风险评估是绝不能减少的。



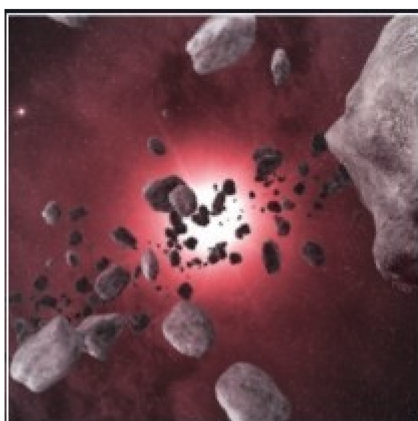
辐射

太空是一个充满了各种有害辐射的环境，从宇宙射线到太阳活动等我们无法准确预测的辐射，这些辐射会威胁到宇航员的生存和电子系统的运行。虽然我们对这个问题并没有简单有效的对策，但如果施行了合理的防护的话，由长期辐射导致的宇航员在太空中患癌症的概率大致与抽烟致癌的概率差不多。



健康问题

在国际空间站上的研究成果有效地减少了人类在微重力环境下长期生活可能导致的健康问题，也就是肌肉和骨骼的萎缩。但是这些解决办法耗费了宇航员的很多时间。如果太空飞船可以自转而制造出人造引力场的话，那么这些健康问题将有可能被完全解决。



空间碎片

寻找和跟踪地球轨道附近的空间碎片被证明是一项巨大的挑战。当我们在太空中以高达96500千米/小时的速度飞行的时候，撞上一个高尔夫球大小的石块对我们来说将会是巨大的灾难。在如何寻找及快速躲避或者摧毁这种空间碎片问题上，我们取得进展的速度还极其缓慢。

太空：一个旅游胜地

当然，在今天去太空旅游并不新鲜了，丹尼斯·蒂托在2001年成为第一位买票进入太空的人，而SpaceX公司也不是唯一一家向大众售卖太空飞行机票的私人公司。蓝色起源公司在2017年年底利用新谢泼德发射了一名测试宇航员（实际发射的是测试假人）。新谢泼德是该公司开发的可重复使用的亚轨道火箭和载人太空舱系统。商业飞行将从下一年开始。虽然这些仅仅是碰触太空边界的短暂飞行，但公司创始人杰弗·贝佐斯（也是亚马逊集团的创始人）的终极目标是：“数以百万的人在太空中生活和工作。”蓝色起源公司用以达成这个目标的火箭叫新格伦，火箭巨大发动机的测试即将开始（译注：已通过测试），而试飞则会在几年之后进行。



2016年6月19日，蓝色起源公司的新谢泼德号火箭进行第四次发射。

另一个提供亚轨道飞行的私人企业是理查德·布兰森的维珍银河。2014年在一次火箭助推的飞行测试失事事故中，副驾驶迈克尔·阿尔斯伯里遇难，因此研究也被延期了数年。但是在2016年下半年，一款升级的维珍银河太空飞船恢复了滑行测试。这款飞船的名字叫维珍太空船1号（VSS Unity）。火箭助推的测试飞行也将很快恢复。

由于载人太空飞行的巨大花费和技术复杂性，私人企业在几十年内一直在太空的边缘上踉跄而行。但是随着SpaceX和蓝色起源这样的公司的崛起，在下一步的太空飞行计划中会出现很多实力强劲的竞争者。国际空间站也许正在慢慢走向末路，但是人类对太空的探索才刚刚开始。

译者后记："颜色"的秘密

很多人喜欢上天文是因为美轮美奂的天文图片。比如本书前面提到过的哈勃空间望远镜，就产出了大量面向公众的天文图片。这些图片五颜六色，非常漂亮。不过你是否知道天体的"颜色"里面其实蕴含着更多的秘密？下面我就以一张由哈勃空间望远镜拍摄的星系团照片（见图1）为例，为大家揭开一些颜色的秘密。

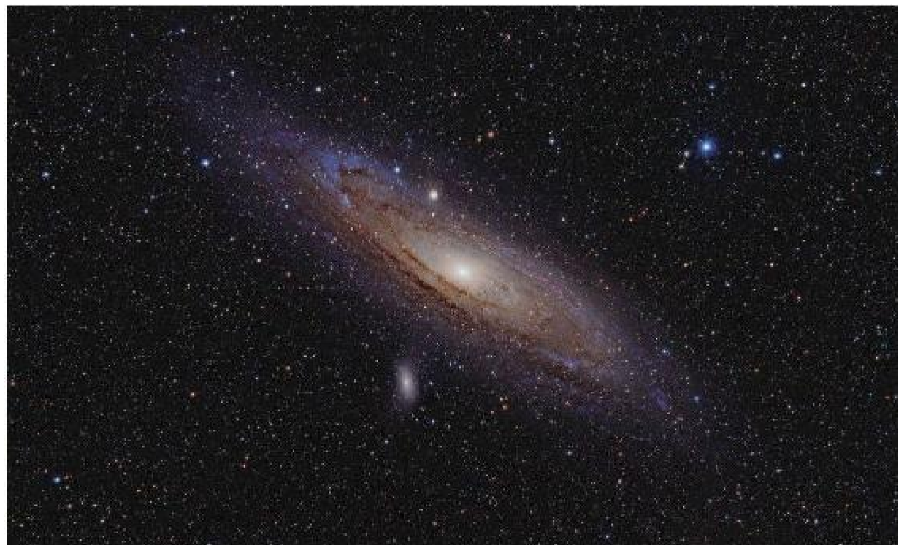
Abell S1063是一个大质量的星系团，里面包含了众多星系。如果你仔细观察照片中的星系，就会发现里面有些星系颜色偏红黄色，另外一些星系则呈蓝白色，并且偏黄的星系大都比较圆，而偏蓝的星系则比较扁甚至是不规则的形态。单单根据星系的颜色，我们就可以把它们大致分成年老的红星系和年轻的蓝星系。为什么能这么分呢？那就要从恒星的颜色说起。

一般来说，我们肉眼能看到的星系的光基本上都是它内部的恒星发出来的，而恒星的颜色则基本上由它的表面温度决定：表面温度越高的恒星，颜色越偏蓝；表面温度越低的恒星，颜色就越偏红。比如太阳这颗恒星，它的表面温度大约是 6000摄氏度，颜色基本上是橘黄色；而夜空中最亮的恒星天狼星A的表面温度大约是10000摄氏度，颜色基本上是蓝白色。恒星还有一个性质，就是表面温度越高的恒星一般质量越大，而且更年轻一些。黄色星系内部的恒星大部分是年老的小质量恒星，因而整体显得偏黄；而蓝色星系内部有相当多的年轻的大质量恒星，因而整体显得偏蓝。



[NASA, ESA, and J. Lotz (STScI)]

图1 哈勃空间望远镜拍摄的Abell S1063星系团的照片。



(Wikipedia)

图2 仙女星系（M31）的光学波段照片。

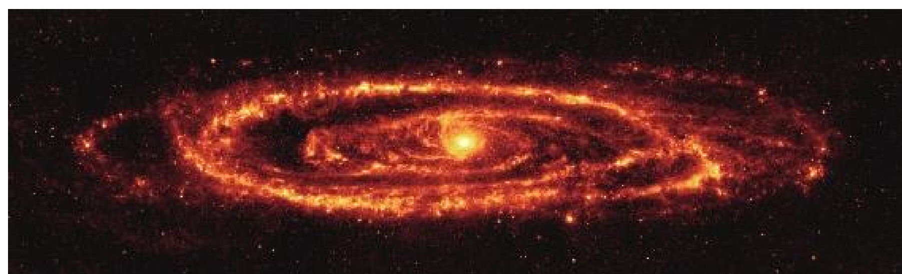
如果把图1里面的一个偏蓝的星系单独拿出来放大，它大概就是图2中的样子。图2里的这个旋涡星系其实是距离我们银河系最近的一个大星系，仙女星系，也叫M31，是著名的梅西叶（Messier）天体中的一员。其实它靠近中心的部位也比较黄，外围则要偏蓝一些，这是因为星系中心主要是年老的恒星，而在星系外围年轻的恒星则占更大的比例。这种中心偏黄外围偏蓝的现象在很多星系中都存在，它实际上揭示了星系是从中心到外围逐步形成的。

图2的这张M31光学波段照片的另外一个明显特征是内部有一些暗棕色的带状结构。它们其实是尘埃带。尘埃的存在会对恒星发出来的光产生吸收和散射作用，只有偏红色的光甚至红外线才比较容易透过，因此这些尘埃带呈现出暗棕色。尘埃不仅会吸收星光，自身也会发光，只不过由于它的能量比较低，它发出的光要非常的“红”，甚至已经超出了我们肉眼可见的范围：可见光的波长在0.3（蓝光）到0.7微米（红光），这些尘埃带发出的光主要在远红外波段，波长在10微米量级。

如果我们的肉眼能够看到可见光波长以外的光子，就可以看到这些尘埃发出的非常“红”的光，那将会带给我们更加丰富的色彩体验。人眼虽然无法看到红外光，但是我们可以在望远镜上安装对红外光敏感的探测器。只不过地球的大气层因为富含尘埃和各种分子，在红外波段也非常明亮，遥远的星系所发出的光很容易被淹没在大气层的光海里面。因

此人们想到了将红外望远镜放在大气层以外，比如即将上天的詹姆斯·韦伯（James Webb）空间望远镜以及曾经名噪一时的斯皮策（Spitzer）空间望远镜。图3就是斯皮策空间望远镜在远红外波段拍摄的M31的照片。我们能看到M31里的尘埃带在这个波段非常明亮，而这在可见光波段是看不到的。

尘埃虽然会遮挡可见光，影响我们对天体的探测，但它对恒星的形成又功不可没。大家知道，宇宙中的重子物质主要是氢原子—由一个质子和一个电子组成的最简单的原子。这些氢原子的分布非常弥散，密度很低，甚至比我们的大气层还要稀薄，因此被天文学家称为气体。恒星就是从这些气体里面产生的。从稀薄的气体变成太阳这样的恒星，靠的是引力将这些气体拉聚到一起，并压缩到高温高压的状态。不过普通的气体原子和分子是很难被拉聚在一起的，比如一个被吹起来的气球，是很难被压缩变小的，除非我们让它进一步冷却下来。而尘埃就是一个很好的冷却剂，它们与氢原子相互作用，吸收氢原子的能量并快速地将这些能量辐射出来，而且还会催化氢原子的化学反应，让它们变成能量更低的氢分子。在尘埃的帮助下，气体很快便冷却，并在强大的自身引力的作用下坍缩成恒星。



(Wikipedia)

图3 斯皮策空间望远镜拍摄的M31的照片。

在刚刚形成的恒星里面会有很多大质量的恒星，它们的温度很高，发出的光也不在人眼的可见范围内，这些光的波长比可见光还要短—在紫外波段。可惜大气层对紫外线的吸收非常强烈，我们只能用在太空中的望远镜来探测天体的紫外辐射。图4就是一颗紫外卫星—星系演化探测器（GALEX）—所拍摄的M31的照片。由于人眼是看不到紫外线的，所以我们就用蓝色来代表远紫外光，黄色来代表近紫外光，将这两个波段的数据混合在一起就变成了这张照片。很明显，照片中的光线分布显

示，大质量年轻恒星的分布与图3中的尘埃带的分布类似，也在星系的悬臂上。

由此看来，星系的颜色其实要比我们肉眼看到的丰富得多，它们不仅在可见光波段有辐射，在红外和紫外波段也有漂亮的图像，只不过我们在红外和紫外波段看到的是星系里面不同的成分所发出的光。如果我们继续往光谱的“红”端和“蓝”端延伸，我们甚至还能看到更加奇异的景象：比如在更“红”端，射电波段的21厘米谱线会向我们展示星系内部氢原子气体的分布；而在更“蓝”端，我们借助X射线的观测则会显示出星系内部黑洞的活动。

不光星系如此，星云、脉冲星、星系团，甚至整个宇宙，在不同的波段下都会展现出不同的图像。它们比我们用肉眼所见的更加丰富多彩，等待我们用不同波段的望远镜来一窥它们的奥秘。



(Wikipedia)

图4 GALEX拍摄的M31紫外波段的照片（其中蓝色为远紫外光，黄色为近紫外光）。

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 最初的步伐
8. 现代航天之父
9. 早期
10. 第一名太空人
    1. 图说尤里·加加林：第一个进入太空的人
11. 单人飞行
12. 太空竞赛
13. 认识水星计划七人组
    1. 图说太空竞赛（1961—1963年）：东方计划与水星计划
14. 下一步
15. 太空中的协作
    1. 图说太空竞赛（1964—1966年）：上升计划和双子座计划
16. 月球的两面
17. 登月竞赛
18. 阿波罗计划
    1. 图说太空竞赛（1968—1972年）：阿波罗计划
19. 太空起居录
20. 从空间站到空间站
    1. 图说首批空间站：礼炮号和天空实验室
21. 新的翅膀
22. 第一架航天飞机
    1. 图说航天飞机（1979—2011年）:NASA的航天飞机
23. 太空联盟
24. 一座空间站的诞生
    1. 图说太空基地（1986—2017年）：和平号与国际空间站
25. 飞向未来
26. 载人航天的未来
27. 译者后记：“颜色”的秘密

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文

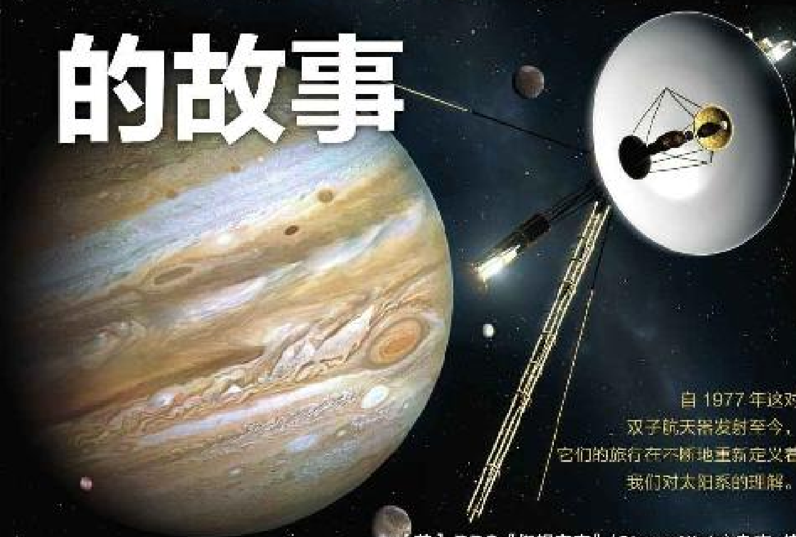
BBC

BBC夜空探索

THE STORY OF VOYAGER

THE GRAND TOUR TO INTERSTELLAR SPACE

旅行者号的故事



自1977年这对双子航天器发射至今，它们的旅行在不断地重新定义着我们对太阳系的理解。

[英] BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*)杂志 编

王岚 译






中国工信出版集团 人民邮电出版社 POSTS & TELECOM PRESS

BBC夜空探索

THE STORY OF VOYAGER

THE GRAND TOUR TO INTERSTELLAR SPACE

旅行者号的故事

[英] BBC《仰望夜空》(Sky at Night)杂志　编
王岚　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据
旅行者号的故事/英国BBC《仰望夜空》杂志编；王岚译.--北京：人民邮电出版社，2019.8
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-50470-8
I.①旅… II.①英…②王… III.①空间探测器—普及读物 IV.①V476-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第285475号
版权声明
Sky at Night: The story of voyager
Originally published in the English language by Immediate Media Co. Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co. Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © POSTS & TELECOM PRESS Co., LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence BBC logo © BBC 1996
◆编 [英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志
译 王岚
责任编辑 王朝辉
责任印制 陈犇
◆人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092 1/16
印张：6.25 2019年8月第1版
字数：211千字 2019年8月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2018-3884号
定价：49.00元
读者服务热线：**(010)81055410** 印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**

广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

目录

封面
扉页
版权信息
内容提要
序言
第一阶段 宏伟的构想
旅行者号之前的岁月
3次生命的机会
核动力奇迹
旅行者号坎坷的旅程
旅行者号的伟大里程碑
第二阶段 老朋友
木星秘密大爆发
旅行者号的声音 琳达·莫拉比托
土星上的巨大发现
旅行者号的声音 卡洛琳·波柯
暗淡蓝点
第三阶段未知的领域
冰巨人的未知领域
旅行者号的声音 邦妮·布拉蒂
太阳系的全家福
再见，太阳系
旅行者号的声音 苏珊娜·多德
第四阶段 伟大的遗产
来自旅行者号的经验
给星星的留言
旅行者号的声音 埃德·斯通
旅行者号将如何迎接它们的归宿
译者后记：宇宙大厨神——星系的形成和演化

内容提要

《仰望夜空》（Sky at Night）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在 BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，书中从旅行者号航天器的宏伟构想讲起，介绍了航天器探索太阳系和太阳系外未知领域的无数发现，以及未来命运又将如何等。同时，书中还涵盖了参与这项任务的工作人员的心路历程等内容。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



“在此期间，旅行者号已造访了4颗行星和48颗卫星，其中的23颗卫星我们在此之前竟从不知道它们的存在。”

这一对儿双子般的旅行者号航天器在40多年时间里一直在太空中航行。在阿波罗11号登月发生之前的那些岁月里，人们怀着兴奋的心情梦想着它们会对外空间的行星们进行一次“盛大的旅行”。自这对儿双子航天器1977年发射至今，它们的旅行在不断地重新定义着我们对太阳系的理解。

过去的40多年间，它们的航行为人们带来了无穷的启发。在此期间，旅行者号已造访了4颗行星和48颗卫星，其中的23颗卫星我们在此之前竟从不知道它们的存在。它们在旅程中见到了新的行星环、火山、间歇泉甚至极光。而现在，旅行者1号仍在进一步拓展人类探索宇宙的疆域，它已经超出了太阳的影响范围，进入到了前所未知的星际空间。尽管现在一个普通智能手机的计算能力都要比这对儿仅装有八轨磁带计算机的航天器强上大约24万倍，但即使这样，它们所带给我们的种种发现仍然每每令人惊叹。

旅行者号的故事错综复杂，所以在为大家讲述那些林林总总的发现之前，我们还邀请了那些曾经亲身参与到任务当中的人们去讲述他们所经历的故事。这些人包括卡罗林·波尔科，正是她发现了土星环中那些仍

然无法解释的“辐条”，并帮助收集了黄金唱片中的内容；苏珊娜·多德，旅行者号当前的“指挥官”；埃德·斯通，自1972年，甚至在该航天器还未被命名为“旅行者号”之前，旅行者号的项目科学家。那么未来又将如何？美国国家航空航天局（NASA）行星科学部主任詹姆斯·格林将为大家揭示旅行者号在不远的未来将如何继续影响现代的太空探索事业。

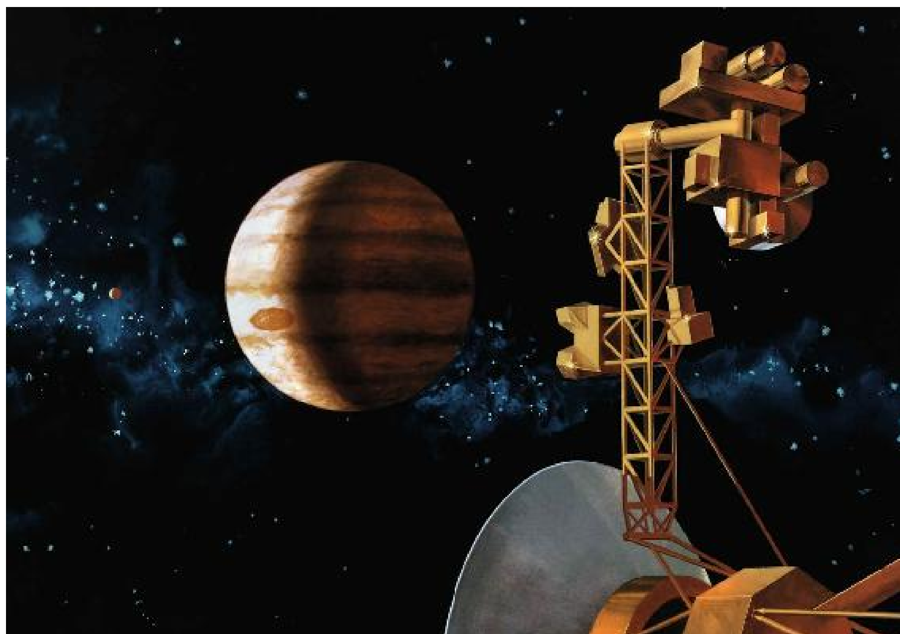
在已经过去的这许多年间，有关旅行者号的故事不绝于耳。未来几年里，随着它们继续向我们发送更多的信号，它们的故事还将继续。你愿意和我们一道去看看吗？



凯夫·洛春

BBC《仰望夜空》杂志编辑

第一阶段 宏伟的构想



美国艺术家肯·霍奇为许多NASA项目创作了相应的绘画作品，这是他所想象的1979年旅行者1号与木星相遇的情景。

在旅行者号之前，我们对外部太阳系的巨行星们只有零星的了解。人类航天器仅造访过木星两次，土星一次，而天王星和海王星更是完全没有到达过。1965年，喷气推进实验室（JPL）的实习生加里·法兰德罗注意到了一个不寻常的机会：不久之后，在20世纪70年代的后期，所有这4颗外行星都将位于太阳系的同一侧。这也就提供了一个极其诱人的机会，我们可以发射一个航天器一次性地造访所有这些行星，完成一次“盛大的旅行”。把这个想法变为现实中的旅行者号航天器着实不易，项目在研发过程中饱受预算紧缩以及技术方面的各种困扰。当航天器最终于1977年8月和9月发射时，在正式的航行计划中，只限定了它们将驶向木星和土星。旅行者号在建造的时候人们就有着将任务拓展至更远行星的计划。事实证明，在旅行者号航天器建造过程中，将对其他外部行星进行探索作为延续任务的想法将会使整个研发过程难度剧增。

旅行者号之前的岁月



1609年，伽利略第一次展示了他设计的望远镜。1610年，他的观测揭示了木星卫星的存在。

撰文：本·埃文斯

在科学家们坐下来讨论旅行者号穿越太阳系的大冒险的很久以前，人们就一直在仰视和想象这些行星，而双子航天器有一天将会逐一拜访它们。

从170多年前海王星被人们所发现，到2011年7月，它完成了被发现以来绕太阳运行的第一个完整轨道。尽管在历史上它已经历了数百万次这样的旅程，但在此之前的那些过往，我们在地球上却一无所知。



木星是太阳系中最大的行星，它的名字来自于罗马神祇中的众神之王朱庇特。

现在想想，就在仅仅235年以前，海王星和天王星对我们来说还是未知的，太阳系到了木星和土星就已被认为是到了它的“边界”。即使1846年海王星的存在被观测证实之后，我们对这4个星体的认识与我们今天所知的也相差甚远。在那时，它们只不过是夜空中的光点而已。

自古以来，天文学家和占星家都知道木星的存在。作为天空中最明亮的天体之一，它被以罗马人最重要的神祇朱庇特命名是很自然的。另一方面，由于土星在天空中的运动缓慢，它常常被和朱庇特的父亲——这位以“老年的使者”而闻名的神联系在一起。早年间的那些观星者们所不知道的是，这些行星距离我们亿万千米远，所以他们几乎不会去想象这些行星会比我们自己的世界大得多。只有借助望远镜，遥远的行星们才从黑暗中浮现出来。

大开眼界

1610年，伽利略将他亲手制造的望远镜对准木星，他随即在木星附近发现了4颗类星的天体。随后的观测证实它们是木星天然的卫星——在我们自己的卫星月亮之后最早被知晓的卫星，它们最终被命名为卡利斯托（木卫四）、欧罗巴（木卫二）、　甘尼德（木卫三）　以及艾奥（木卫一）。

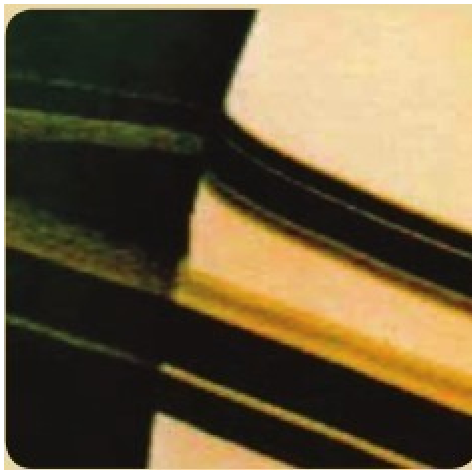
无畏的先驱者

1973年12月，在伽利略凝视木星3个半世纪之后，先驱者10号成为第一个造访木星的人造机器。在旅程中，这个航天器经历了电路故障、警报误触发，并吸收了1000倍于人类致命剂量的高能辐射，但即使如此，先驱者10号还是幸存了下来。

当先驱者10号从木星的磁赤道上方13万千米处经过时，它发现了比地球强1万倍的电子通量。它还发现，与地球相比，木星那巨大的磁场是反转的。它所拍摄的500张照片揭示了欧罗巴和甘尼德这两颗卫星表面的明亮特征。射电波段的掩星观测证实了艾奥电离层的延展范围和密度，确认了甜甜圈形的等离子体圆环，以及艾奥与木星之间复杂的磁场关系。从先驱者10号上还返回了木星大气特征的近景图像，比如那著名的大红斑。它还首次得到了木星外层气体包层的垂直温度廓线。

继先驱者10号之后，先驱者11号登场。1974年12月，当航天器以4.3万千米的高度经过木星上方时，它探测到高能粒子数量的短暂下降。这个发现引发了人们对木星可能是一个环形世界的猜测。先驱者11号的数据证实了木星大气极光的存在。它拍摄了木星的北极地区，揭示了北极地区的云层顶比赤道处低得多的现象，并证实了卡利斯托比地球的卫星月亮重1.5倍。

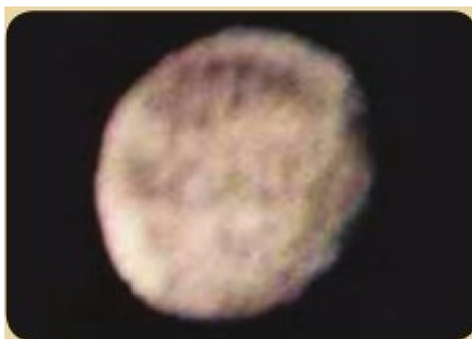
与先驱者10号一样，先驱者11号的木星之行也极富戏剧性。当航天器准备到达距木星的最近距离时，柴油发电机操作员们举行的一次罢工差点让澳大利亚的一个跟踪站关闭。而先驱者11号上的大部分数据需要发送至这个跟踪站。幸运的是，该跟踪站在此期间并没有停止运转。航天器在巨行星上的旅行成功地结束了，其后它向土星奔去。1979年9月，在距离土星2万千米的地方，航天器终于掠过了这个由环状结构包围的世界。它拍摄了（并且几乎撞上）这颗巨行星的小卫星伊比米修斯（土卫十一）。在穿过了土星环所在平面的“下方”时，先驱者11号发现了薄环F，随后的观测又发现了泰坦（土卫六）表面的温度极低，无法支持生命的存在。



先驱者11号拍摄了土星A环和B环之间的卡西尼缝。



先驱者11号看到木星气体带前所未有的细节。



先驱者10号拍摄了木星最大的卫星甘尼德的照片。



先驱者10看到的木星大红斑和艾奥的影子。



当先驱者11号接近土星的时候，土星最大的卫星泰坦出现在视野中。



在经过土星之后，先驱者11号来到了距离泰坦36万千米的范围内。

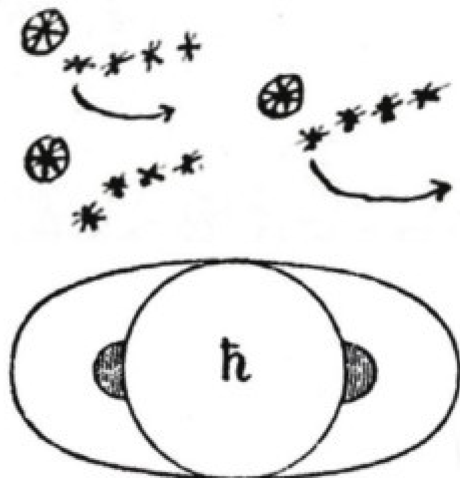


在接近并通过木星时，先驱者10号拍摄的木星上的日出。

同年，伽利略看到了土星上有两个神秘的“耳朵”。尽管他并没有意识到它们到底是怎么回事，但他却见证了这壮丽的圆环从半开移动到完全侧向的全过程。当看上去像耳朵的圆环短暂消失时，他感到十分震惊。联想到神话传说，他思忖着土星是否真的吞下了它的孩子。伽利略把这幅景象描述为“如此令人惊讶，如此荒唐，如此新奇”。当时他觉得自己看到的可能是一个三行星系统。

直到1655年，克里斯蒂安·惠更斯才正确地推断出土星被一个薄环包围着。到了1675年，乔凡尼·卡西尼发现A环和B环之间有一个“间隙”，被称为卡西尼缝。

仅凭当时的观测结果，环自身的性质很难被确定下来。尽管在1660年，法国作家让·夏普兰认为它们可能是由许多微小的物体组成的，许多人却倾向于认为它们每个环都是单一的固体。“单一固体环”的概念受到了法国学者皮埃尔·拉普拉斯以及德国出生的天文学家和作曲家威廉·赫歇尔的认可。直到薄纱般的C环被发现，人们才开始对“单一固体环”这个概念产生怀疑。苏格兰科学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦首先预测了“无限数量的互不连接的粒子”组成的环状结构，其后美国的詹姆斯·基勒观测发现这些环所反射的太阳光存在多普勒频移，这也就意味着形成环的粒子占据着彼此分离的离散轨道。



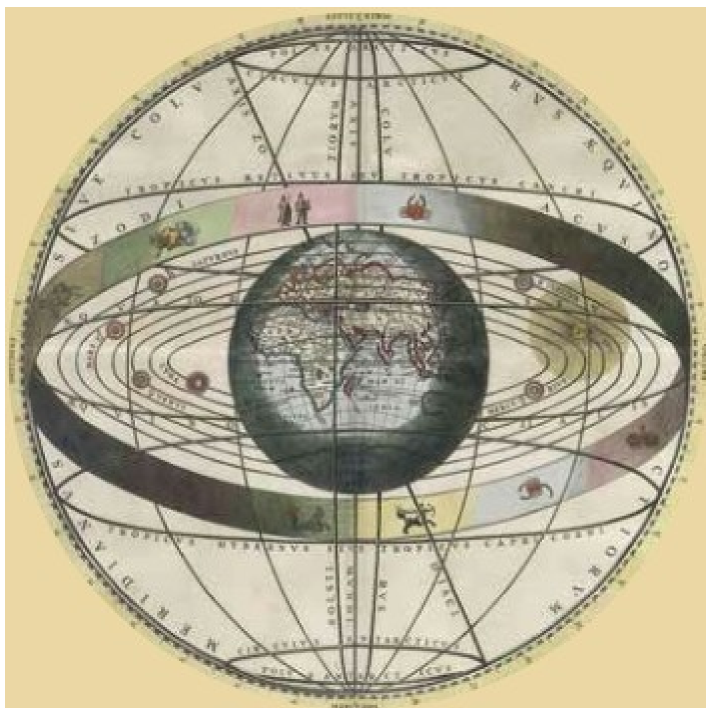
伽利略观察到的有“耳朵”的土星，以及木星的4颗最大卫星（由顶部的星号代表）的运动。

4颗巨行星内部

对外太阳系行星内部的了解最早开始于人们对穿过木星表面云带的研究，这种方法揭示了木星不同部分的大气在以不同的速度旋转。卡西尼注意到这颗行星在两极更为扁平，这是所有4颗巨行星共有的一个特点，这使得人们对木星的旋转速度的早期计算得以实现。

木星的低密度表明它的物质成分主要是氢，它所辐射出的热量是从入射太阳光中接收的热量的两倍。这让英国天文学家理查德·普洛克认为，这颗行星的内部是沸腾的流体，进而他提出木星是一颗“不成功的恒星”的观点。但后来对木星的光谱学研究结果显示，木星上存在氨和甲烷。哈罗德·杰弗里、鲁珀特·怀尔特等人的工作则进一步给出了岩石芯、冰冻地幔和深层气态大气的木星结构理论。

外部行星的起源


地心说的宇宙模型在历史上占主导地位长达数个世纪，它的观点是地球位于宇宙的中心。

几千年来，人类一直相信地球处于整个宇宙的中心，这种信念在相对较近的时期才发生了变化。伊曼努尔·康德、皮埃尔·拉普拉斯和其他一些人认为太阳和它的追随者出现于气态的“星云”中，而正是星云的坍缩使周围的尘埃和气体形成一个超致密、过热的核。但是，我们的母恒星是如何获得能量的，这个问题一直没有答案，直到1938年，汉斯·贝特意识到太阳是由氢和氦的核聚变驱动的。

一部分天文学家认为，另一颗恒星在与太阳擦肩而过时从太阳上“撕下”了气体的条带。这些条带上的物质进一步形成了行星的核心。也许罪魁祸首是一颗更小、更冷的原恒星，或者是一颗发生爆炸的双星伴星，它的爆炸为行星的演化留下了肥沃的增长土壤。

到1977年，科学共识才逐渐形成。这种观点认为45亿年前星云的坍塌形成一颗原恒星，在它周围还形成了一个气体盘。逐渐地，气体盘冷却并形成行星的核，它们被周围的材料不断堆积填充。距离中心不同距离的星云密度分布导致了行星之间不同的化学成分：重元素向内凝结，较轻的挥发物质向外迁移。最终的结果就是出现了两种行星类型：岩石态的行星和气态的行星。木星、土星、天王星和海王星的内核聚集了它

们的主要化学成分，并生长到足够的大小和质量，进而束缚住更多的星云气体。这4个比地球大很多倍的星体的秘密，正是旅行者号在1977年夏天所试图揭示的。

木星上是否有磁场存在一直难以确定。直到1955年，美国天文学家伯纳德·伯克和肯尼斯·富兰克林偶然发现22.2兆赫的射电暴与木星的10小时旋转速度恰巧相匹配，这使得木星磁场的存在首次被实测证实。所有4颗巨行星上都有磁场，但木星的磁场强度是最强的，也是唯一一个可以在射电波段被探测到的。而对来自土星发射线的观测直到1974年前都没有定论，在这一年，天文学家观测到了来自土星的频率为1兆赫的射电暴。

拓展我们的认知

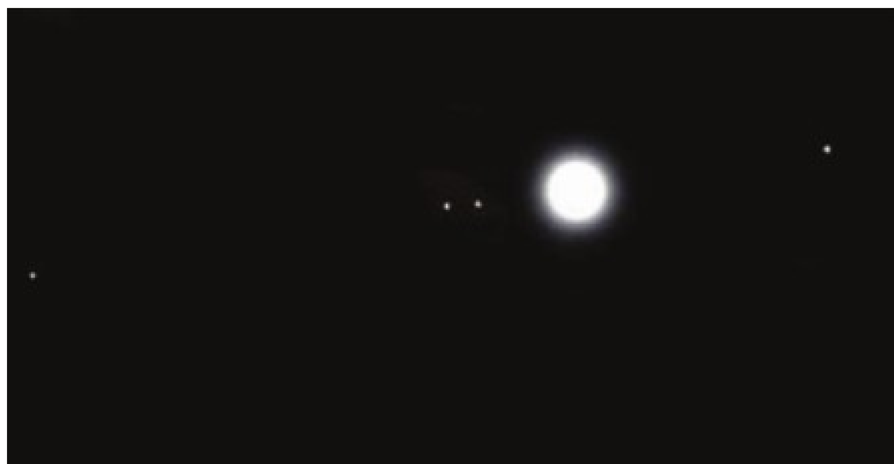
如果说我们对木星和土星的了解是粗略的，那么在旅行者号探测器之前，我们对于最外层的两颗巨行星的了解几乎可以说是一片空白。天王星，在1781年由威廉·赫歇尔用望远镜发现之前，已经多次被发现但一直被人们误认为是一颗恒星。它的自转轴与轨道平面呈一个很奇怪的98度倾角。海王星则是直到1846年才被人们发现，人们将让人费解的轨道力学、巧妙的数学推导与直接观测相结合才得以发现海王星。天王星的淡蓝色外观被解释为包含某种富甲烷的气体，远红外光谱表明它自身辐射出的热量与从太阳所吸收的热量一样多。1977年，出现了短暂的恒星掩星事件，在此期间，柯伊伯机载天文台的天文学家们发现了天王星的5个窄环。同时，木星存在环的证据也被发现。这些发现促使人们对海王星也开展了类似的探索。但令人惊奇的是，20世纪80年代初来自智利的观测看到的是类似于“环-弧”似的结构，该结构仅在这颗行星的周围延伸了一部分。

但谜团并未就此揭开。在这4颗巨行星周围都存在大量的卫星，从木星的4颗伽利略卫星到土星的双色调的伊帕托斯（土卫八）以及行星大小的泰坦（土卫六）。1944年，光谱学揭示出，泰坦是已知的第一颗拥有真正大气的天然卫星。至于其余的卫星，人们对它们则知之甚少。海王星的大卫星海卫一直到20世纪才有正式名称，并且尽管有证据表明它的表面有氮冰，但它的精确质量仍无法确定。



我们将一个正圆套在木星的这幅哈勃空间望远镜拍摄的图像上，从中可以看出这颗巨大行星的扁率。木星的这一特征由乔凡尼·卡西尼发现。

当旅行者号探测器飞到它们附近的时候，有关它们的那些疑问大部分终于得到了解答。这对儿航天器对巨行星们开展的巡回旅行打开了人类知识的闸门，释放出关于这些遥远世界的史无前例的数据洪流。我们对木星、土星、天王星和海王星的全部理解将发生革命性的变化，尽管这些探索可能会再次引出更多新的问题。



观测者们很快就发现，木星和土星都被各自的卫星家族所环绕。在这张望远镜图像中，我们能够很容易看到木星的4颗伽利略卫星。

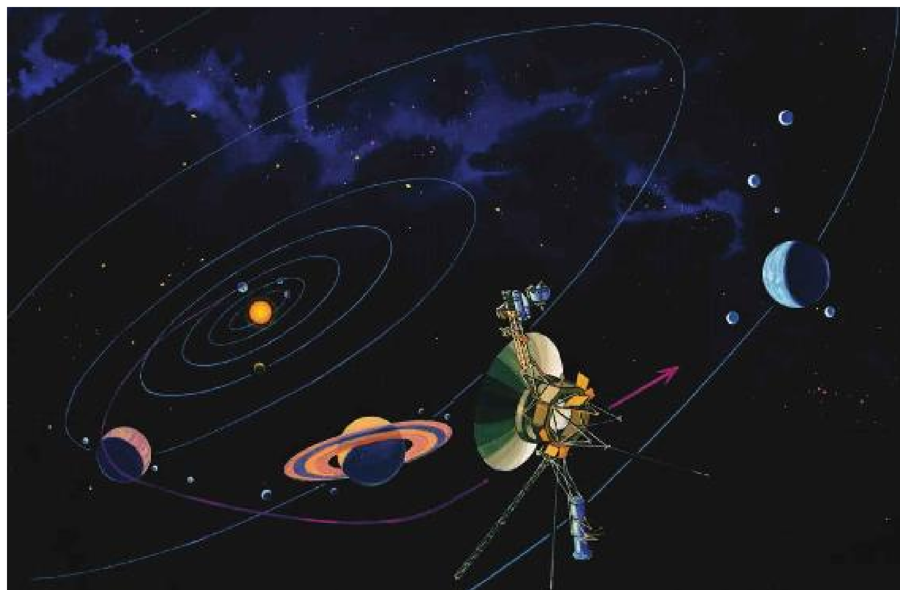


木星巨大的磁场是太阳系中规模最大（相对于行星的大小）、强度最强的。

3次生命的机会

撰文：本·埃文斯

这个被称为“盛大的旅行”的项目始于一个对行星呈特殊排列的现象的偶然发现，再次出现这种现象则要等到176年以后。在经历了预算削减、反对者的抗议和日程安排不断发生冲突之后，我们终于还是开展了现今所知的旅行者号任务。



NASA的艺术作品展示了旅行者2号是如何利用木星和土星的引力，并通过引力弹弓效应穿过太阳系的。

旅行者计划的曙光起源于一个“顿悟时刻”。这一时刻或许和阿基米德洗澡或者牛顿那真实性令人质疑的苹果有着同样的价值。1965年7月，在“一个难得的令人极其振奋的时刻”，加里·法兰德罗意识到，4颗巨行星—木星、土星、天王星和海王星将在20世纪70年代末和80年代初在黄道面上排列在一条直线上。这将为前往外部太阳系的旅行创造史无前例的条件。正是他的工作为人类历史上最杰出的冒险之一播下了种子。

法兰德罗是NASA位于加利福尼亚帕萨迪纳的JPL的一名航空学研究

生。他从JPL的另一位数学家米迦勒·米诺维奇那里汲取了灵感。1961年，米诺维奇正在试图解决困难的“三体问题”。这道已经有300年历史的难题是要准确地预测太阳和一个给定行星的引力将会如何扰动第三个物体的运动轨迹，例如自然卫星、小行星或彗星的运动轨迹。米诺维奇主要在夜间工作，他注意到行星的引力场可以用来调整进入其中的航天器相对于太阳的航线。航天器可以被重新定向到另一个目的地，从而大大节省发射能量和总的飞行时间。

他的工作消除了人们对“引力辅助”（或者被米诺维奇称为“引力助推”）的部分误解。这也标志着太空时代早期的宇宙航行模式的观念转变。由于穿越小行星带所需要的能量非常高，早期太空任务的目标主要集中于离地球更近的类地行星，如水星、金星和火星。许多工程师怀疑航天器的能量不会有净变化，引力辅助会进一步使航天器偏离直飞目标的直达轨道，进而会花费更多的时间（而不是更少时间）才能到达目的地。但当时还没有被人们完全理解的是，行星在给经过的航天器加速的同时，实际上自身也会损失少量的能量。



1965年在NASA实习期间，加里·法兰德罗意识到，太阳系外部的行星将进入罕见的呈直线排列的状态。

航线的发现

米诺维奇意识到，在1962—1966年和1976—1980年发射的航天器可以与外太阳系的多个行星会合。在这个发现的几年后，法兰德罗修改了计算，绘制了数百条潜在的航行轨道，并指出1976—1978年间发射的航天器可以利用木星巨大的引力在不到10年的时间内到达土星、天王星和海王星。

这个发现尤为重要。对于航天器而言，直接飞往外部行星需要巨大的发射能量以及漫长的飞行时间：到达木星需要两年半，到达土星需要6年，到达天王星需要16年，到达海王星需要30年。但如果在1977年的夏季发射，航天器在1979年年初就可以到达木星，其后只要再次加速11

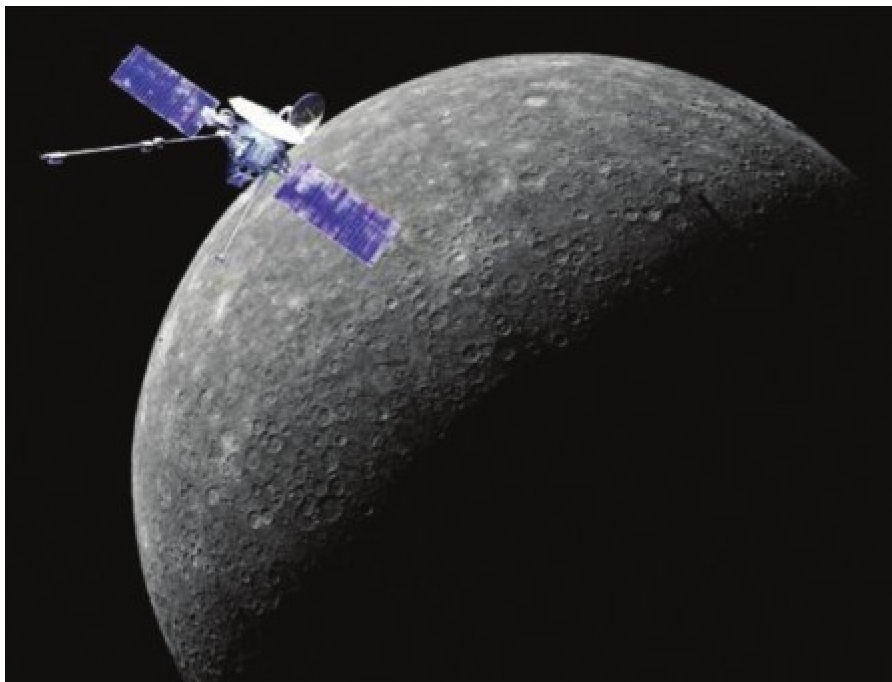
千米/秒，以97度角偏离原先的轨道，就可以在1980年和土星、1984年和天王星以及1986年和海王星会合。“我研究了一系列的飞行轨迹和飞行时间，”法兰德罗解释说，“但我最喜欢的是在大约8年内就能带我们去到海王星的那一条。”在他看来，木星是“最好的能源补给站”，也是揭示巨行星秘密的关键钥匙。

如果可以有效地利用这些潜在的引力增益，访问木星和土星所需要的时间就可以减半，而到达天王星和海王星所需要的时间则减少到直线路程所需时间的1/3。法兰德罗建议，1977年9月、1978年10月和1979年11月发射最为理想，这样就可以以不同的组合方式到达外部行星，包括遥远的矮行星冥王星。

随后便出现了一个爆炸性的发现。在详尽地绘制日心经度之后，法兰德罗观察到，在20世纪80年代，这些外部行星均将位于太阳的同一侧，并且彼此之间距离较近。这为在一个或两个任务执行期内依次造访所有这些外部行星创造了可能性。每176年太阳系的这些外部行星才会出现一次如此有利的天体排列。此前的最后一次还是在拿破仑战争的时候，也就是海王星发现前的半个世纪左右。对法兰德罗来说，这个机会千载难逢。



米迦勒·米诺维奇的工作展示了行星引力场如何可以被用来引导航天器。



在旅行者号之前，NASA一直专注于太阳系内部行星的任务，比如造访过金星和水星的水手10号。

附加动机

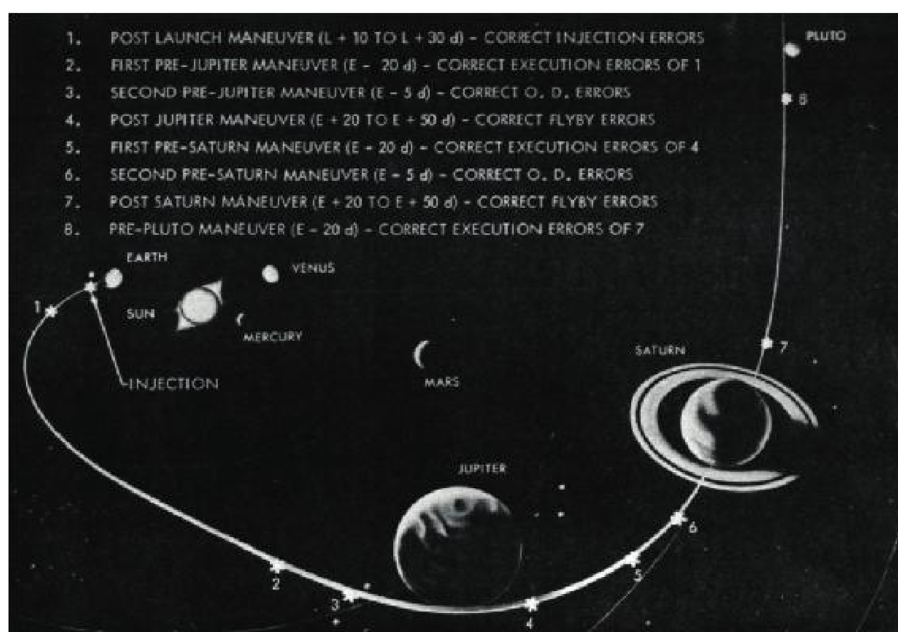
法兰德罗怀疑美国那进展缓慢的行星探索项目在短短的10年内难以有所改观，并无法支持这样一项雄心勃勃的任务。但即便如此，他仍旧写道：“这个科学目标的实施将会推进行星探索项目的进程。”这项提议遭到了批评——一些科学家对建造一艘寿命足够长久的航天器的可能性嗤之以鼻，而毫无诚意的嬉皮士团体则抗议说这项任务可能会破坏木星的现有轨道。但他的这一想法还是得到了导师埃利奥特·乔·卡廷和JPL先进概念小组负责人荷马·乔·斯图尔特的鼎力支持。

“外部行星如此有利的天体排列每176年才出现一次。”

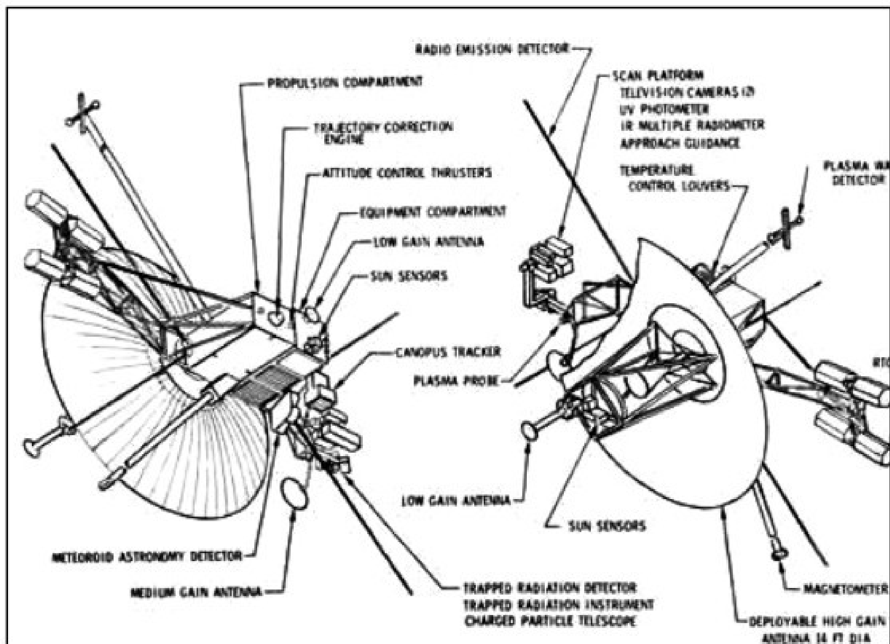
项目的设计阶段几乎立刻就被启动了。斯图尔特将这个项目命名为“盛大的旅行”。这个名字来自于盖塔诺·克罗科10年前用来描述利用引力辅助进行地球—火星—金星航行的名字。然而，这项任务面临的主要障碍是需要冒险靠近土星环，以获得足够的动力来将航天器弹射向天王星。“为了快速飞行，需要一条非常接近土星的航线，”法兰德罗写道，“航线将要穿过土星的上层云层和环之间，以获得额外的引力辅助加速。”

备用计划

土星环上的微小颗粒可能会撞击到航天器，这个风险是非常致命的。因此，在1966年，JPL的工程师杰姆斯·朗为这两次航行设计了一个保守的飞行计划，保证航天器不会与土星环接触。第一次航行GT-1计划于1977年8月发射， 1979年3月到达木星，1980年8月到达土星，然后向黄道外25度的夹角方向加速，在1985年12月飞临冥王星。与此同时，GT-2将于1979年11月发射，在1981年经过木星，木星所提供的能量将使它能够在1985年勘测天王星并于1988年观测海王星。朗认为1977年至1979年的窗口对于发射来说是最好的，因为它最大程度地减少了飞行的时间。



NASA GT-1计划是让它通过木星和土星，并最终前往冥王星。



当项目经费缩减的时候，TOPS的原型机已经进入开发阶段。





为“盛大的旅行”而开发的TOPS技术被证明过于雄心勃勃，且过于昂贵。

同时，美国科学院提出了两种探索路线。一种侧重于飞掠木星，而另一种则认为应该利用轨道飞行器和大气探测器对木星进行深入的研究。为了给这些任务做准备，JPL于1968年7月启动了一个为期3年的热电推进式外部行星航天器（TOPS）的先进系统技术计划。虽然其本身并不是一个“项目”，但是TOPS能帮助人们确定未来的需求，并允许“对性

能、成本、可靠性和时间表做出现实的估计”。

“‘盛大的旅行’计划从仅包括几个飞掠任务的想法膨胀成一个臃肿的航天器舰队计划。”

这就包括长效长寿命的子系统建造，以及核能量源的集成。考虑到木星上的来自太阳光的辐射能相比地球轨道上少得多，所以基于TOPS的航天器将携带4个钚供给的放射性同位素热电发电机（RTG），它们置于可延展臂上，远离科学装备。

这些RTG将在任务开始阶段产生550瓦的电力，在任务结束时仍能产生约439瓦的电力。其他TOPS技术包括一个4.3米可折叠的X/S频段高增益天线——能够从木星进行131×10^3比特/秒的下行数据传输，而从海王星的数据传输将下降到2×10^3比特/秒，以及一台有着高容错能力的自测试及修复（STAR）计算机。

由于旅行距离十分遥远，从地球发出命令到航天器上收到命令之间存在数小时的时间间隔，因此TOPS技术的自主性非常重要。在出现问题的情况下，由故障部件产生的消息会被故意“损坏”，一个3串测试修复处理器会隔离失效单元并切换到备用设备。人们希望这个系统甚至可以定期检查自己的健康状况，但是它的大小、可靠性和“谁来测试测试员”的明显弱点被证明是STAR失败的原因。

预算削减总是伴随而来，并最终敲响了过于复杂的TOPS项目的丧钟。当NASA在1969年年初成立外部行星工作组的时候，“盛大的旅行”被称为“英雄式的技术巡回演出”，但是越来越保守的白宫并没有表现出同样的态度。太空探索不再是用来与苏联竞争的工具，随着越南战事的结束，以及时任美国总统理查德·尼克松把称作“伟大社会”的改革作为头等大事，NASA的预算急剧下降。

成本上升

“盛大的旅行”计划从仅包括几个飞掠任务的想法中进一步膨胀成一个臃肿的由航天器舰队计划。该计划在开销方面，峰值就已经达到了将近7.5亿美元，再加上另外1.06亿美元的运载火箭费用，它的有效载荷从90千克降到了60千克。到1971年中期，行星探险经费被削减了。时任NASA局长詹姆斯·弗莱彻曾向国会宣称，该计划将引起“巨大的公众兴趣”。但被分裂成飞掠任务和轨道任务两派的科学界所拖累，这一说法最终成了一个空洞的声明。12月，尼克松表示他打算资助航天飞机，弗莱彻别无选择，只能放弃这项基于TOPS的“盛大的旅行”。


由于尼克松支持航天飞机项目，NASA局长詹姆斯·弗莱彻（左）被迫停止TOPS的研发。

然而，并不是一切都结束了。TOPS已经为即将到来的外部太阳系探索任务所需的能力打下了重要的经验基础。1972年1月，弗莱彻提出了一项成本更低的水手—木星—土星（MJS）探险，由一对儿完全相同的双胞胎航天器参与其中。他解释说，“盛大的旅行”计划之所以结束，是因为“从各方面得到的反应不够热烈，特别是从科学界的某些方面，以及来自国会等方面的因素”。新的MJS借鉴已经经过考验的水手号航天器的硬件，并在2月得到了空间科学委员会的“热烈赞同”。

为了最大限度地减少财政风险， MJS被设置了2.5亿美元的预算上限，并且NASA选择了在JPL进行实验室设计和建造，以进一步降低成本。当时的估计，一半来自TOPS的技术都将被新的任务所使用。其他技术，包括STAR和可折叠的高增益天线，则被放弃了。1972年4月关于科学有效载荷提案的首次公告收到来自全球各地的超过200名科学家的回应，其中包括美国、法国、瑞典、联邦德国和英国。截至7月，科学家们已经正式提交了77项关于MJS有效载荷的提案，之后又被进而缩减至只有28项的最终名单。其中仅有少数提案被最终认可，用于建造实际的仪器载荷，提出最终名单内其他提案的科学家也可以参与观测任务。

数学家在300年前首先观察到行星对彗星轨道的微扰效应，特别是木星有改变这些天体轨道的强大能力。然而直到20世纪初，人们才逐渐认识到多颗行星的会合对完成深入太阳系的探索任务的重要性。

1925年，德国的瓦尔特·霍曼论证了，如果将一个航天器放置在与地球轨道和“目的地”行星的轨道相切的椭圆形上，理论上可以让航天器以最少的能量在两个行星之间行进。30年后，德里克·劳顿描述了由“引力辅助”提供的速度改变量，而另一位德国火箭科学家克拉夫特·埃里克论证了航天器与行星沿双曲线接近相遇的重要性，这一方法能够减少或增加经过的航天器的轨道参数。

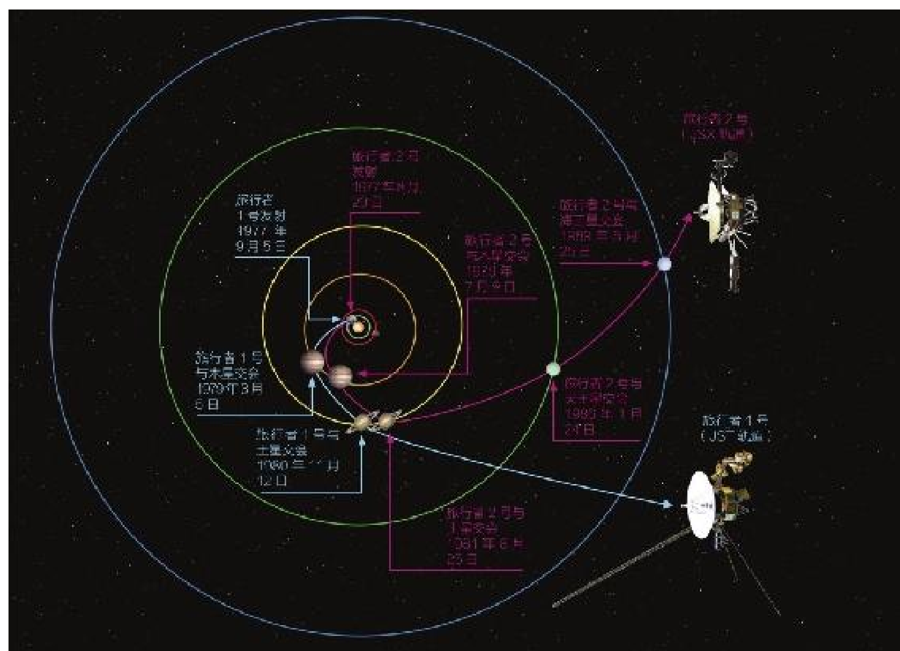
“行星的质量越大，”他写道，“节省的能量就越多。”埃里克表明，航天器的轨道形状和方向可以借此调整，并解释说，“如果仔细选择相遇条件，扰动力可以被利用，为太空航行提供帮助”。

虽然引力辅助显然带来了节约能量的好处，但人们普遍认为，与“中间”行星的会合会让总体的飞行时间更长（而不是更短）。霍曼以及20世纪50年代中期的盖塔诺·克罗科对去往水星、金星和火星的任务计划进行了理论研究，他们的研究结果似乎强化了这一论点。直到20世纪60年代初，我们才认识到，如果航天器可以合理规划使用相遇时从行星所获得的能量，就可以大幅缩减飞往外部行星的时间。



木星对彗星轨道产生的影响启发了人们研制利用引力辅助效应进行星际旅行的技术。

这是旅行者号最终确定的两条轨道。旅行者1号在一条被称为JST的轨道上，计划飞向木星、土星，然后是泰坦，之后它将完全离开行星们所在的平面。旅行者2号的路径被称为JSX，沿着它将飞往木星、土星，然后（如果扩展任务被批准的话）会飞向天王星和海王星。奇怪的是，旅行者2号是首先被发射的，这是因为它的轨道是两条轨道里面航行速度比较慢的一条，而旅行者1号将在小行星带追上它。



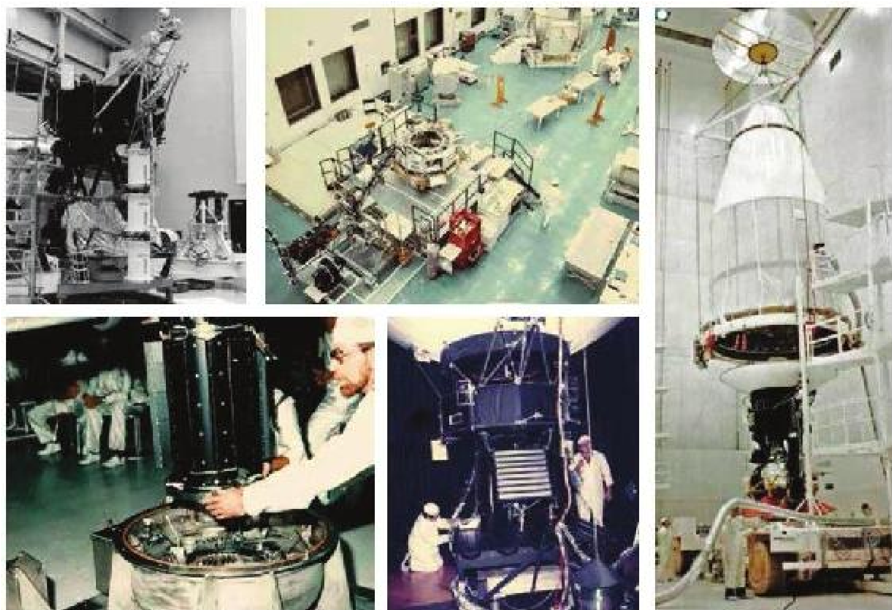
“另一个拟采用的新名字是航海家，但1977年3月在NASA所举办的命名大赛中‘旅行者’这个名字最终胜出。”

每一个MJS航天器都有10个面。航天器主要被3.7米的高增益天线占据，能够帮助航天器以115.2×10³比特/秒的数据传输速率从木星向地球返回数据，在海王星的时候传输速率将会下降到14.4×10³比特/秒。此外，这两个航天器还将安装3个可伸展的机械臂和一对鞭状天线，在它们的身上将满负荷安装10台科学仪器和至关重要的放射性同位素热电发电机。

名称变更

MJS双胞胎定于1977年8月到9月发射，这精确符合法兰德罗所确定的“盛大的旅行”的最佳发射时机，而它们的技术水平也很快就超越了之

前的水手号。尽管JPL主任威廉·皮克林已经提出“航海家”这个拟采用的新名字，但1977年3月在NASA所举办的命名大赛中“旅行者”这个名字最终胜出。它最初是一个未实现的火星任务的名称，但似乎更加适合这次将要拓展到人类知识疆界的探险。

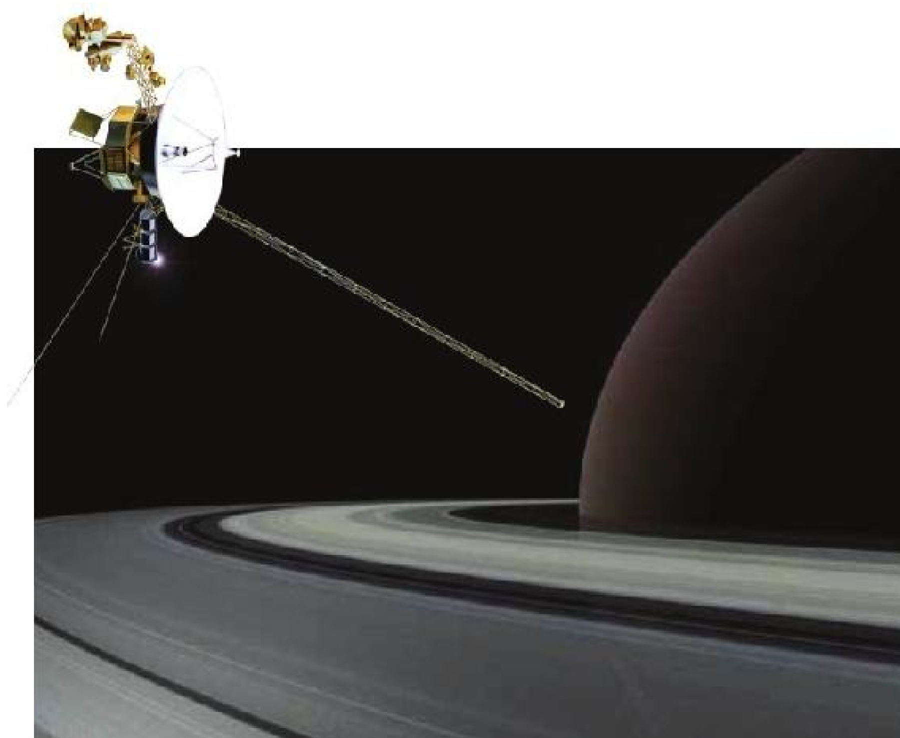


NASA关于TOPS的经验使旅行者号的“实验室内”开发成为可能。

尽管名称发生了改变，人们也希望政治和预算风向的改变可能会令飞掠天王星和海王星的任务重新启动，但旅行者项目仍然仅考虑造访木星和土星这两个目标。最初的“盛大的旅行”仍然是可能的，但其代价将是失去接近木星的卫星艾奥和土星的卫星泰坦的机会。如果旅行者1号飞到离艾奥很近的距离，它将因木星引力的影响而使速度增加太多，以至于它会过早到达土星，错过与天王星相遇的最佳时机。另一方面，如果它飞掠泰坦的距离太近，它将在错误的方向上离开土星系统，无法遇到天王星。

但是，如果旅行者1号放弃任何前往天王星和海王星的机会，而去执行与艾奥和泰坦相遇的飞行任务——采用木星—土星—泰坦（JST）轨道，那么旅行者2号就可以毫无困难地访问天王星和海王星这两个更外部的行星。如果旅行者1号在土星上的访问没有成功，旅行者2号还有9个月的时间来调整飞行路线，代替旅行者1号完成JST轨道的航行。而如果旅行者1号成功了，它的孪生姐妹可以执行一项被称为JSX的独特的

探险任务。这样的话，JSX将能够把旅行者2号从土星带到天王星和海王星，以华丽的姿态完成“盛大的旅行”。



尽管上马得很仓促而且遇到重重困难，旅行者号仍非常幸运地可以利用外部巨行星的罕见排列进行航行。

核动力奇迹

1977年，在法兰德罗的发现**12**年之后，经过几次从头再来的反复，双胞胎旅行者号接近完成。

撰文：本·埃文斯

两个旅行者号是一模一样的核动力的双胞胎。每一个航天器大约是一辆小汽车的大小，质量达722千克。在每个航天器的中心是一个有着10个面的运载舱。它高47厘米，直径1.8米。在每个航天器上占主要位置的是高增益天线那3.7米宽的圆盘，由航天器上的16个小推进器控制其方向，使它能够一直朝向地球。

虽然现在看来早已过时，但这两个航天器却包含了1977年当时的众多尖端技术。例如，用于数据存储的八轨磁带录制设备，只有区区68千字节内存的计算机系统——大约是现在普通智能手机内存的1/240000，仅够存储一张一般大小的JPEG图像。

从航天器的“公共部分”中伸出的是3条可伸展的机械臂——一条长臂（12米）和两条短臂（2.4米），以及一对鞭状天线。大部分的科学仪器安装在其中一条短臂上，以保持它们尽可能地远离装载在另一边的短臂上的“原子电池”。

长臂上装有两对磁力计，它们将被用来探测行星的磁场以及磁场与太阳风的相互作用机制。不携带“原子电池”的短臂被称为扫描平台，上面装有低分辨率广角相机和高分辨率窄角相机。正是这些相机拍摄的太阳系的壮观图像最终使旅行者号得以为大众所知。

扫描平台还配备有紫外光谱仪，以及一个“三合一”的红外辐射计、干涉仪和光谱仪，它将被用来测量行星温度、化学成分和热辐射。大气中和卫星邻近处的粒子丰度将采用光偏振仪观测得到，而低能量带电粒子和宇宙射线探测器，以及等离子体探测系统则一并构成航天器的场-粒子组件。

两个鞭状天线用于开展行星射电天文学研究，它们在航天器距离行星足够近的时候会记录电子密度。科学家们希望借助它能够深入了解行星磁层动力学。旅行者号的射电信号也会被用于检查行星的大气成分、

重力场、质量和密度，以及可能存在的任何环状结构。

鞭状天线还容纳了等离子体-波子系统来研究其他行星上的波-粒子相互作用。在NASA决定从项目中去除微流星探测器和紫外光偏振计后，这个系统是最后1分钟才被决定加进来的仪器。

“航天器的计算机系统只有68 千字节内存，大约是现在普通智能手机内存的1/240000。”

选择核动力

鉴于旅行者号将前往木星（距离太阳7.78×10^8千米），并且其中之一有希望到达海王星（距离太阳4.5×10^9千米），太阳能将无法作为这两个航天器的能源来源。在木星的距离上，落在太阳能电池板上的阳光仅仅是地球轨道上的4%。

因此，每一个旅行者号都配备了3个百余瓦的放射性同位素热电发电机，它们每一个都携带了4.5千克被压制成小球的可裂变钚-238氧化物。这些物质会衰变产生热量，航天器通过热电偶将这些热量转化为电能。



NASA工程师测试扫描平台，看看它能否很好地经受住声波和火焰的冲击。

旅行者号仪器组件

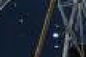
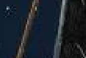
旅行者号发射的时候携带了一套能探测大气化学、测绘磁场、探测极光等的仪器。它们中的一些甚至可以分析航天器周围空间的变化，以便告诉我们太阳风何时位于星际空间。


红外辐射计 / 干涉仪 / 光谱仪（IRIS）
光偏振计系统（PPS）
等离子体分光仪（PLS）
宇宙射线系统（CRS）
射电科学系统（RSS）
黄金唱片
紫外光谱仪（UVS）
成像科学系统（ISS）
低能量带电粒子仪（CELP）
运载舱
放射性同位素热电发电机（RTGs）
磁力计实验（MAG）
行星射电天文探测装置（PRA）
等离子体－波子系统（PWS）





















旅行者号坎坷的旅程



这两个航天器在佛罗里达州的卡纳维拉尔角先后发射成功。它们的

发射时间仅相隔几周。但旅行者号任务的开始阶段是一个疯狂的时期，充满了侥幸和高度的戏剧性。

撰文：本·埃文斯

1977年8月20日，当旅行者2号和搭载着它的泰坦3E-半人马火箭端坐在发射台上的时候，很少有人敢打赌，这个历时长达几十年的项目，这个将会逐一探索4颗巨行星，以及几十颗它们的卫星，并把我们带到太阳系之外的项目，真的会成功。

这个项目中存在着太多的未知数，因此人们对于失败的恐惧是切切实实的。迄今为止，还没有哪个航天器飞行过如此之远，也没有哪一个航天器能够独自生存这么长的时间。然而，在那个闷热的星期六的早晨，就在卡纳维拉尔角的41号发射台，人们忙于思考的却是另一个问题：为什么旅行者2号要在旅行者1号之前发射？

答案是因为两个探测器将驶向不同的轨道。旅行者1号被安排在一个短而快的轨道，它将于1979年3月到达木星，1980年11月到达土星，然后离开行星的平面。旅行者2号的航程则需要更长的时间，但可以继续向天王星和海王星前进。较早的发射日期能使旅行者2号探测器到达最佳轨道，得以探访那些最外围的巨行星们。

那么为什么不简单地重新命名旅行者号的数字代称，来对应它们的发射顺序呢？这是因为，虽然旅行者1号比旅行者2号晚16天起飞，它的运动速度却更快，会在1977年12月超过它的双胞胎姐妹，也会更快到达木星和土星。在NASA的宏伟计划中，第一个发射与否是无关紧要的，第一个到达木星才是最重要的。

当地时间上午10时29分，推力约为1.1×10^7牛顿的泰坦3E-半人马的两个固体火箭发动机点火，将48米高的助推器推向佛罗里达州的晴空。112秒后，第一阶段的双发动机（火箭中央核心的一部分）怒吼着，燃烧了将近5×10^5千克燃料并释放出巨大的推进能量。

两分钟后，固体火箭发动机被丢弃，火箭在其核心的推力下继续爬升，直到在起飞4分钟多一点的时间后，核心也被丢弃，然后转向第二级核心，它的单发动机工作了210秒。

在任务的第8分钟，第二级分离。携带很高能量的半人马上面级火箭准备通过两次助推将旅行者2号抬升并脱离地球轨道，进而驶向木星。由极低温的液态氧和氢供能，9.6米高的半人马比泰坦3E的核心更宽，因此需要一个渐变的级间适配器来连接它们。

发射简介

起飞时间：1977年8月20日（旅行者2号）、1977年9月5日（旅行者1号）

运载火箭：泰坦3E-半人马

发射地点：佛罗里达州卡纳维拉尔角

问题出现

半人马的第一次推进动作建立了一个临时的“停车轨道”，并且表明旅行者2号可以通过一个漫长的滑行期最大限度地提高性能。它的第二次助推持续了5.5分钟，使航天器加速到超过14千米/秒的速度，远远超过了逃逸速度。

项目只开始了几分钟的时间便遇到了问题。航天器在发射台上时就出现了双重计算机故障。在它的上升过程中，另一个小差错则使它的故障保护系统报告了意想不到的数据，这被一些人描述为“机器人眩晕”。这个小差错来自于故障保护系统本身。在编写这个程序的时候，它并没有被设计成具有可以识别不同发射状态的能力。所以尽管一切都在按预期进行，它还是误报了。

在抛弃了半人马火箭之后，旅行者2号的Star37E固体燃料发动机工作了45秒，为它驶向木星的速度又增加了1.9千米/秒。废弃的发动机随后被丢弃，耗时23个月的木星之旅开始了，但是沿途它还会遇到更多的问题。

这其中一次的问题来自一个传感器的故障。它错误地指示装载旅行者2号扫描平台的吊臂没有被恰当地部署。另一次的问题则是由于一个方向推进器指向了错误的方向，并将推进剂喷到了航天器上，使航天器略微偏离了航向。红外辐射计、干涉仪和光谱仪，这些旅行者2号成像仪的重要组成部分，也经历了一段灵敏度退化期。这是由于仪器内部一些黏合材料的结晶过程而引起的，它使分光计内部的反射镜发生了翘曲和错位。幸运的是，航天器的快速加热器逆转了这个问题，使仪器的灵敏度恢复到了其发射前的水平。

“在NASA的宏伟计划中，第一个发射与否是无关紧要的，第一个到达木星才是最重要的。”

虽然克服了这种种困难，加利福尼亚JPL的工程师们却无法完全纠正一直潜伏着的那些最终导致1978年4月发生灾难性事故的问题。这一系列小问题累积到最后，使得旅行者2号永久地失去了它的主无线电接

收机。尽管一开始看上去这次问题并不大，因为航天器上还配置了7天计时器——一个旨在防止与地球失去联系的安全机制（它将会在没有从地面控制端接收到复位命令的情况下倒数到零，一旦归零，旅行者2号将认为主接收机失败并切换到它的备份接收机），但是一次短路使得备份接收机中的一个回路出现异常，使其无法在不同频率上接收信号。这迫使JPL工程师必须在精准的频率上发送信号，才能与航天器进行通信。



被封装在发射舱中的旅行者2号，正被吊往泰坦3E-半人马火箭顶端。

泰坦3E-半人马：成功与不足

在土星5号运载火箭被取消之后，泰坦3E-半人马就成为美国当时最强大的运载火箭。它高达16层，可以执行“脱离地球”任务，能够将重达3700千克的物体带入太阳系的深处，其中就包括了1975年派往火星的耗资数十亿美元的海盗号轨道飞行器和着陆器。但是，在它开发完成之前，泰坦火箭就已经遇到了困难。当时人们都认为航天飞机将取代所有

消耗性运载火箭，所以当泰坦3E-半人马正准备在1974年2月11日进行首航时，它的丧钟已经响起。最终，它只完成了7次飞行，两个旅行者号航天器是它的告别演出。



宽体的半人马火箭（顶部）由一个渐变级间适配器连接到泰坦3E助推器（下部）。


旅行者1号在旅行者2号之后启航，沿着一条与旅行者2号不同但更短的轨道飞向木星。

因为地球围绕太阳旋转、运动，旅行者2号自己也在运动，再加上深空温度的涨落会导致频率在传输时产生高达96赫兹的滑动，这些因素使得找到正确的信号发送频率复杂异常。科学家们最后还是找到了一个解决方案。他们将主接收机重新上线，保持其完整的功能，将备份接收机切换下线。

但在该切换过程中，发生了一次电路短路，将主接收机中的两个保险丝全部熔断，一下子就废掉了刚刚重新上线的主接收机。发射后仅几个月，团队就只剩下了备份接收机来支持整个任务。因此，在剩余的运行寿命中（40年并且这个时间还在继续增加）旅行者2号的科学数据一直在由一个有着缺陷但至少还能运行的后备接收机转播回家。

紧跟2号的步伐

当地时间1977年9月5日上午8时56分，旅行者2号离开地球16天后，旅行者1号在41号发射台搭乘最后一班泰坦3E-半人马运载火箭升空。旅行者1号同样经历了一段艰难的旅程。虽然上升的初期阶段似乎一切正常，但泰坦硬件上的一个问题导致其剩下了超过540千克的推进剂没能燃烧。这也就使得旅行者1号和它搭乘的半人马的速度不够快。幸运的是，其后半人马的机载计算机做出了补救，补了之前燃烧的不足，还成功地延长了一点发动机的工作时间。

时间非常紧张。当半人马最终停机时，它只剩下还能燃烧3.4秒的燃料。“哇！”JPL的主任布鲁斯·默里轻描淡写地说，“这还真是挺悬的！”

如果类似的故障发生在旅行者2号上面，由于其所允许的轨道误差范围较小，那么连半人马这样的大型火箭也救不了它。那样的话，旅行者2号将在发射仅几小时后就落入太平洋，早早地结束它的任务。

尽管一开始就遇到了问题，两个旅行者号都还是驶离了地球，开始了它们探索外太阳系的任务。

在发射之后，尽管旅行者1号的扫描平台出了点故障，但最终它还是经受住了考验。发射之后的第13天，旅行者1号拍摄到了地球和月球的绝美影像（下图）。我们的世界和它唯一的天然卫星（两个都是新月形）同时出现在一张照片里，这样的景象前所未有。这张照片是旅行者号向我们最后的告别，此时的它们正沿着一条再也无法归来的航线离开故乡。



当离开地球的时候，旅行者1号回过头拍摄到了这一张照片—这是我们的星球和月球第一次一同出现在同一幅照片当中。

旅行者号的伟大里程碑



一个已经持续了整个太空时代2/3的时间，并还将再延续10年的任务的亮点时刻。

撰文：凯夫·洛春

[illegible]

1977年9月5日

[illegible]

1977年9月18日

[illegible]

1977年12月19日

[illegible]

1979年1月6日

[illegible]

1979年3月5日

[illegible]

1979年3月9日

[illegible]

1979年7月9日

[illegible]

1980年11月12日

[illegible]

1980年11月12日

[illegible]

1980年12月14日

[illegible]

1981年8月25日

[illegible]

1986年1月24日

[illegible]

1989年8月25日

[illegible]

1990年2月14日

[illegible]

1998年2月17日

[illegible]

2004年12月17日

[illegible]

2007年8月30日

[illegible]

2012年8月13日

[illegible]

2012年8月25日

[illegible]

5年内

[illegible]

到2025年

[illegible]

300年之后

[illegible]

4万年之后

[illegible]

第二阶段 老朋友

旅行者号的第一站是自古以来便为人知晓的两个气态巨行星：强大的木星，这个太阳系最大的行星；宏伟的土星，这一被环所包围的世界。探测器发送回了有关它们的很多特写照片，包括木星上的旋涡云带、暴风，当然还有大红斑——那个大到足以吞没几个地球的反气旋。它们还发现土星的环比我们先前意识到的要复杂得多，而木星的磁层也比我们想象的还要庞大。但相较而言，这些行星的卫星才真正让人感到惊讶。和我们自己那颗死寂、荒芜的卫星不同，旅行者号发现这些卫星有着丰富的特征以及各种各样的奇特之处——裂缝、条纹、结冰的壳层又或是活跃的熔岩流都跃然其上。那些经常被归功于旅行者号的对教科书的改写，就从这里开始。



旅行者号为我们揭示了土星环的美丽与复杂。

木星秘密大爆发

1979年1月，经过15个月的旅程，旅行者1号开始拍摄它盛大的旅行中所遇到的第一颗行星——气态巨行星木星。旅行者2号在几个月之后将紧跟其后，并与1号一起重写我们先前所知道的关于木星系统的几乎所有知识，尤其是存在于地球之外的火山活动。

撰文：本·埃文斯

乍一看，它只不过像是旅行者1号镜头上的一个小脏点。但是当26岁的工程师琳达·莫拉比托凝视着木星的卫星艾奥的照片时，她意识到她所看到的是一些不寻常的东西。这个脏点实际上是一弯暗淡的蓝色新月形状的物体，正从卫星的边缘探出。

这一切都发生在1979年3月9日，在航天器已经完成了和木星的最接近飞掠的4天之后。与木星最接近的时候，航天器距离那炽热的木星云层顶部仅有3.49×10^5千米。莫拉比托是光学导航小组的一员，负责绘制旅行者1号飞往土星的轨道。轨道长度为7.5×10^9千米，需要20个月才能到达。她刚刚完成了整个项目中最重要的发现。

一天前旅行者号从距离艾奥4.5×10^5千米远的距离为艾奥拍摄了一张长曝光照片。分析表明，照片中的那个新月形羽毛状的物体是从一座火山向太空抛射出的高达280千米的物质。科学家们后来以夏威夷火山女神的名字将这座火山命名为“裴蕾”。它是在艾奥上发现的数百个这样的地貌特征当中的第一个。后续的红外观测数据精确地定位出了富含二氧化硫的区域，那里的温度比周围的区域高出200摄氏度。4个月后的7月9日，旅行者2号发现尽管其他几座火山依然活跃，裴蕾却已经休眠。

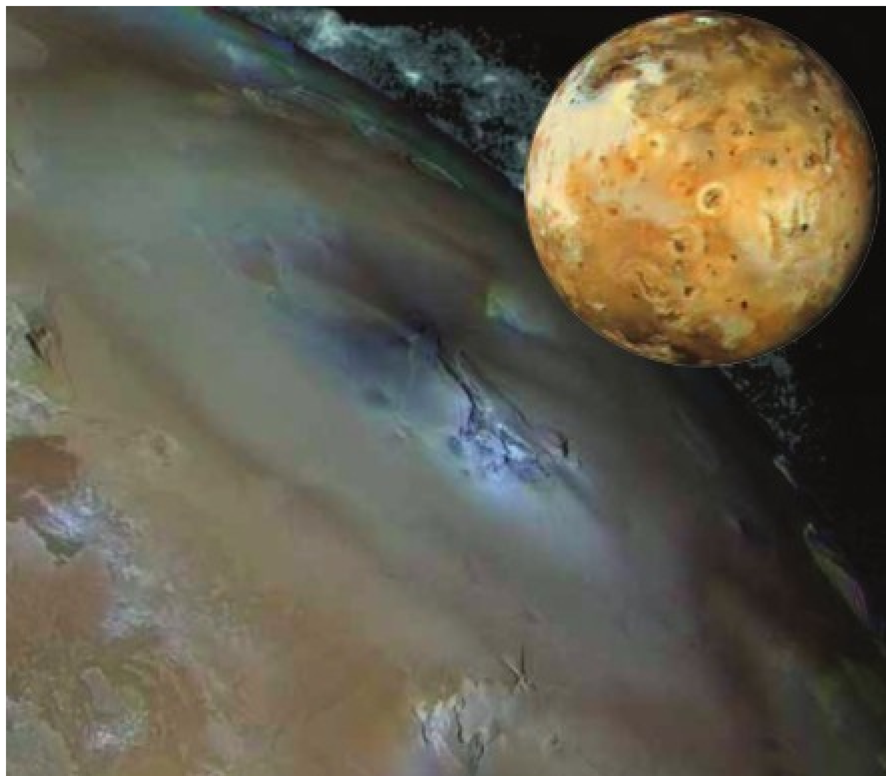
大惊喜

这是一个巨大的惊喜，发生在一颗天然的卫星上，而这颗卫星的大小、密度和我们那颗地质活动并不活跃的月球基本相同。艾奥和它的巨型主星距离很近（它的轨道离木星的中心仅42.18万千米），这迫使它承受着比地球的磁场强几百倍的强大磁场的冲击，而且这个磁场的冲击以10小时为一周期与木星的内部“共同旋转”。大量的高能等离子体沿着磁场线被来回传递。磁场在磁赤道处膨胀，在一个巨大且倾斜的不断上

升和下降的“薄片”中向外推动着等离子体，在每个旋转周期中先向北然后再向南地不停翻转。



1979年2月13日，旅行者1号拍摄的艾奥（左）和欧罗巴（右）。当它们在旅行者1号和木星之间通过的时候被拍了下来。


旅行者1号发现的“裴蕾”是第一个在艾奥（插图）上被识别出来的火山。

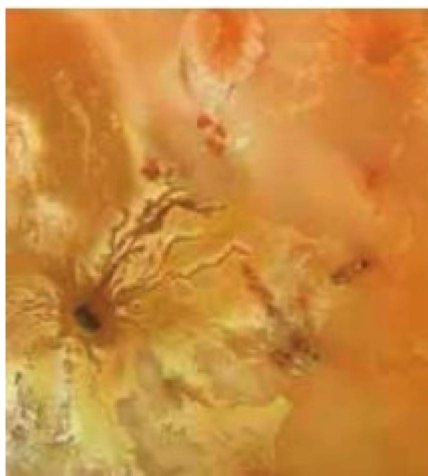
木星与艾奥的相互作用关系非常复杂。当木星的磁场扫过艾奥时，每秒它都会从这颗卫星上剥离1000千克左右的物质，用于形成由带电粒子组成的甜甜圈形状的“圆环面”，其存在和规模最先由先驱者10号推断出来。地面观测还发现了艾奥周围形成于大气喷射的中性钠云，以及二氧化硫的光谱指纹。

直到发现艾奥的火山活动，维持这个圆环面的物理过程才逐渐得到解释。在旅行者1号的注视下，两次电离的氧原子和钠原子在紫外波段发出明亮的光。为了达到这样的强度，电子的温度就必须超过10万摄氏度，辐射功率达到1兆瓦特（是整个美国发电能力的两倍），并沿着“流量管”进入木星的磁层才行。旅行者1号试图飞过这个流量管，但最终还是偏离了它的中心大约5000千米。

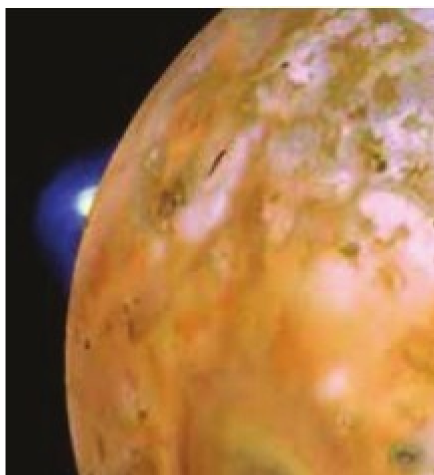
熔岩湖和光

莫拉比托的意外发现表明艾奥是太阳系中火山活动最活跃的地方。它产生的能量是地球上所有火山总和的两倍，尽管它表面的热点数目只有地球上的1/5，并且它的大小只是我们地球的1/3。

旅行者1号在这颗卫星那年轻而活跃的表面上几乎没有发现撞击坑。它的表面只有百分之几的部分是被中心黑暗的火山所覆盖的。这些蜿蜒的红色和橙色熔岩流中的一些以宽弧线的方式扩展成扇形，其他的则形成一系列扭曲的触须形状。“裴蕾”被一个蹄形的二氧化硫湖包围着，而200千米宽的“洛基”有着比地球上所有的火山加在一起还强得多的能量，当旅行者2号观测到它的时候，它的喷射强度已经增加了，并演化成一个双羽毛状的喷发。



（左）艾奥表面火山喷出的熔岩蛇。

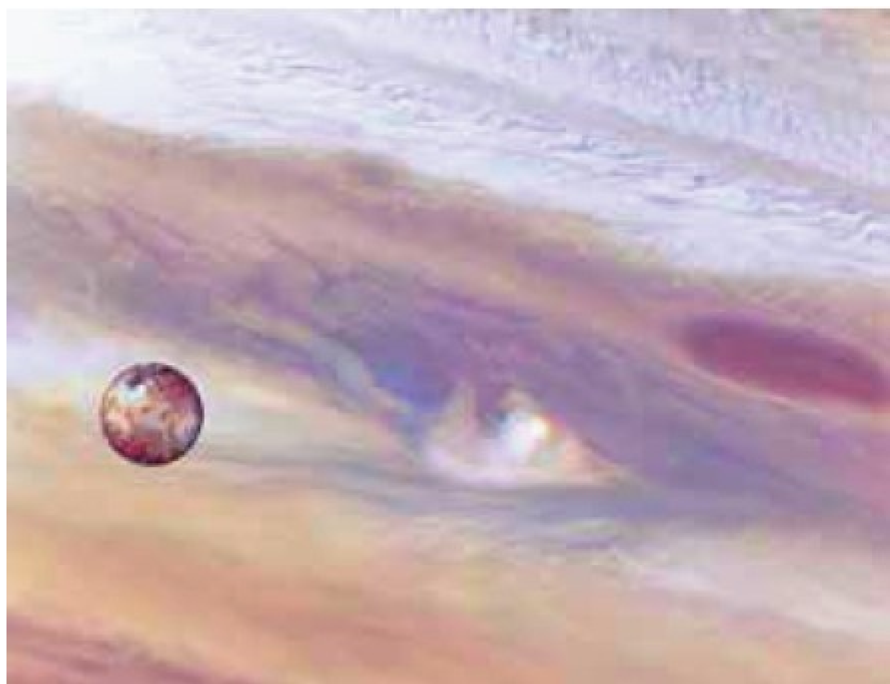


（右）旅行者1号捕捉到从艾奥的“洛基”上喷发出的羽流。

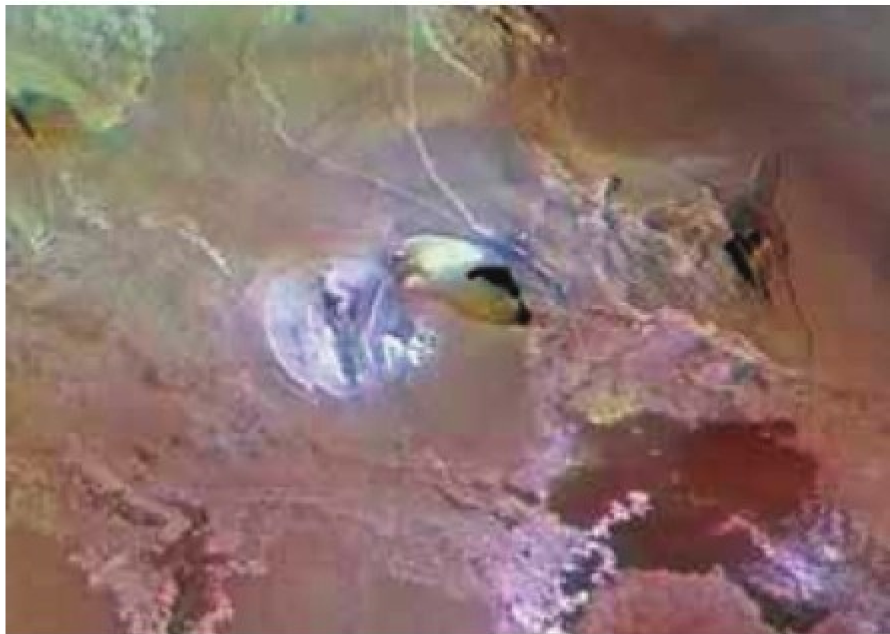
木星的圆环面提供了一个能量粒子的储藏体，能量粒子沿着磁力线盘旋，从而为行星壮观的极光提供原料。这一现象横穿其北极地区，延

伸达3×10^4千米，产生了惊人的“呼啸着的”射电发射。旅行者1号的图像证实了“木星极光”的存在，同时也从19个明亮的“超级闪电”中认证出大量的放电过程，而旅行者2号则进一步找出了另外的8个闪光。

木星的磁层是一个巨大的能量场。先驱者号揭示了它朝向太阳的强度，并引发了对其尾迹中类似子弹的“磁尾”的猜测。旅行者号的数据证实了这一尾部的存在，并表明它延伸到木星之外7.4×10^8千米处，直达土星的轨道。自1974年以来，太阳活动的增加压缩了磁层向阳的边界，而太阳对磁层的持续的推拉运动使两个航天器反复进入、退出磁层边界-旅行者2号就记录了11次的边界跨越事件。这表明土星磁层的范围在变化，其边界在太阳风压力的影响下进行着有节奏的扩张和收缩。



微小的艾奥悬浮在木星的云带前面。

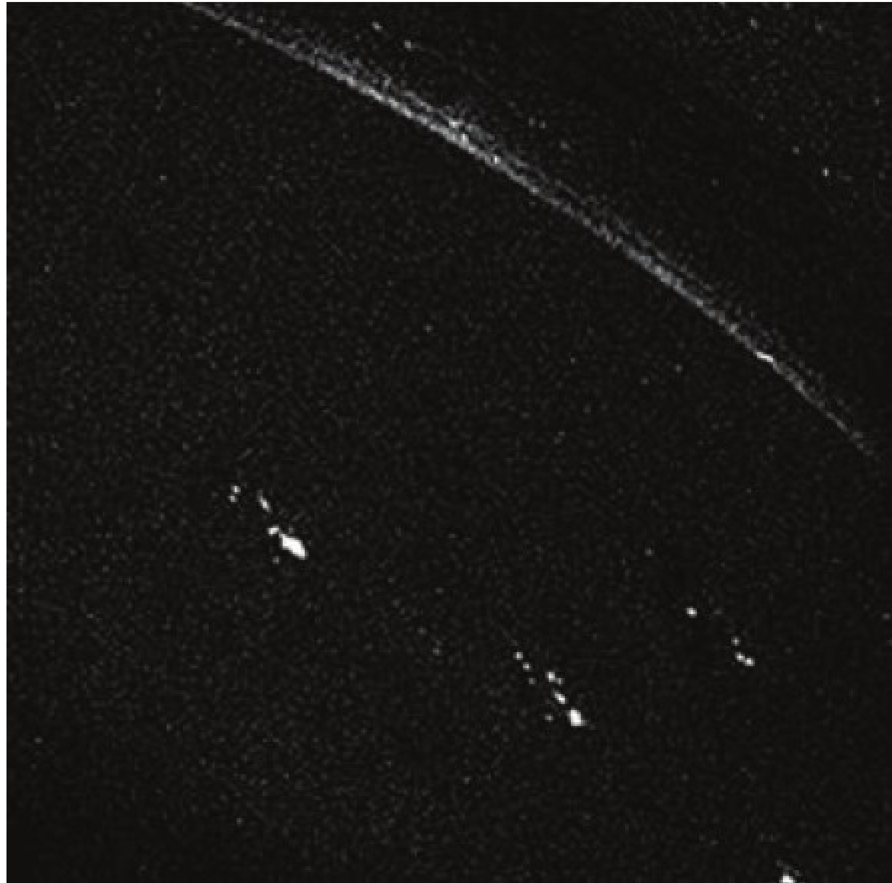


艾奥的平原色彩鲜艳，被认为是硫、二氧化硫和玄武岩产生的结果。

移动的图片

两个旅行者号用了几个月的时间观察木星，而且都是在它们飞临木星最近时的前后实现的。从1979年1月到4月，旅行者1号将数据传送到7.78×10^8千米之外的地球，而旅行者2号也在4月到8月进行了同样的传送。这些时期所收到的图片显示了木星大气的差分旋转是如何产生出了纬度方向上色彩缤纷的“光带”和“暗带”图案的。这样的图案可以和文森特·梵高的作品相媲美。

将木星旋转时拍摄的照片重叠并以电影的方式展示，可以看到云层在这颗行星著名的大红斑边缘旋转，其速度高达100米/秒。大红斑的大小是地球的两倍，自17世纪以来它就被人们通过望远镜观测到了。大红斑位于木星南半球并呈反气旋旋转，带有许多高压区域的特征。由于没有固体的表面或大陆使压力波固定，木星的风暴可以（而且确实）持续几个世纪。先驱号在大红斑和随行的云层中看到的颜色很均匀，但到了1979年，南半球温带纬度地区的上空发生了相当大的变化，复杂的湍流开始出现。7月，旅行者2号在距离木星5.76×10^5千米的地方飞驰而过，发现在大红斑南边缘明显开始“稀疏”，云层向东延伸，大红斑的颜色更均匀。在几年前被首次看到的3个椭圆形白色斑点，每一个都和我们的月球一般大，也在一直稳步向东移动。



旅行者1号在1979年3月5日拍摄了这张照片。在图片的中心可以看到闪电，而在木星边缘可以看到极光。

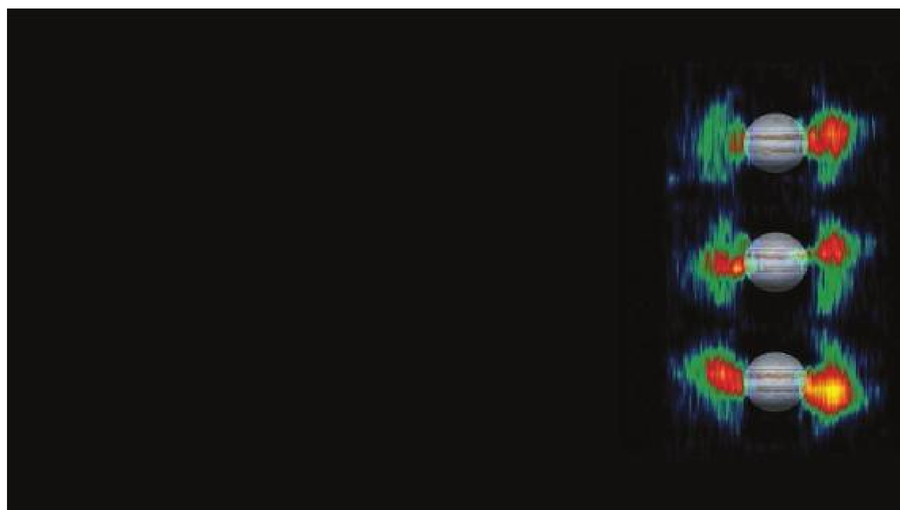
辐射问题

在1970年之前，有理论认为，当航天器试图穿过火星和木星之间的小行星带的时候，大量的灰尘的摩擦可能会使航天器陷入危险。几年后，当先驱者号横穿小行星带时，这些灰尘并没有造成危险。但是当它们到达木星的时候，一个新的问题出现了：先驱者号的电路被炸坏了，它们的光学系统被强横的木星辐射带毁坏了。它们在穿越时遭受到比人类致命剂量高1000倍的高能质子和电子的轰击。

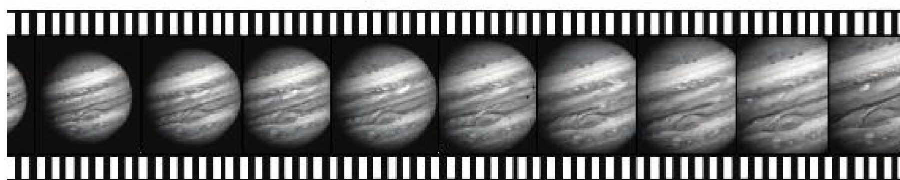
除了建造一个等离子波仪器来分析这种环境外，工程师们还努力在旅行者号访问木星和土星之前对旅行者号的电子器件进行强化。他们测试了各种抗辐射的材料，包括钽，以最大限度地提高其可靠性，然后将这些防辐射设备添加到每个航天器上。在特别敏感的区域还进行了额外的局部屏蔽处理。

旅行者号成功地穿过了辐射带，但并非毫发无损。旅行者1号上出现了“计时偏移”现象，这导致它的机载时钟的速度有所减慢。此外，它的两台计算机失去了相互之间以及与飞行数据系统的同步。这些故障导致一些照片的拍摄比预定时间提前了40秒，照片模糊了，艾奥和甘尼德的高分辨率图像也因此丢失了。

幸运的是，旅行者2号经过木星的距离比它的孪生姐妹远得多，所以它遇到的问题也相应减少。它的计算机还被重新编程使其可以每小时自动同步。通过这种方式，旅行者2号在很大程度上避免了高强度辐射造成的图像模糊的问题。



几年后，卡西尼号航天器拍摄的图像揭示了木星辐射带多变的特性。



当行星的照片被连在一起制成短片时，可以看到木星上云带的运动。

行星环被发现

木星的大小是地球的1300倍，是太阳系中最大、最重的行星。来自旅行者号的红外数据测定了其组成成分为87%的氢和11%的氦，另外还含有微量的甲烷、水、氨和岩石。大量温度极高的云层、风暴和旋涡在云带和条纹中平稳穿过盘面，这表明在行星内部起作用的是物质的运动而非能量的运动。沿着纬线行进的西风至少向北和南延伸60度，远比想

象的离极点更近。但惊喜并没有就此结束。

在1979年之前，我们只知道土星和天王星有环，长期稳定性的理论模型还没有预测到任何环会在木星上存在。然而，在旅行者1号到达木星最近点仅仅17小时后，这一结论就被证明是错误的。一张为寻找新卫星而拍摄的照片显示出，在木星周围一个只有30千米宽的细细的环环绕着它。

“木星的主环可能是由被潮汐力撕裂的一个古老的卫星演变而来。”

这个环本身就很暗，主要由微小的岩石颗粒组成。它的淡红色的外表与新发现的卫星忒贝（木卫十四）、梅蒂斯（木卫十六）和阿德拉斯塔（木卫十五）的表面颜色相似。远程所拍摄到的图像也显示出长条形布满陨石坑的木卫五阿马尔塞有着类似的红色表面。这引发人们猜测，这个环可能是由被潮汐力撕裂的一个古老的卫星演变而来的，并且有人认为阿德拉斯塔也可能为它提供了一个合适的物质储备。

对古老巨人的新鲜一瞥



乔凡尼·卡西尼在1665年观测木星时勾画出的大红斑。

神秘的大红斑东西直径约2.6× 10^4千米，而南北方向的直径是东西直径的一半。大红斑位于木星赤道以南22度，已被望远镜观测到超过3个世纪的时间。它的发现通常被认为归功于英国科学家罗伯特·胡克或者法国天文学家乔凡尼·卡西尼，他们都被认为在1664到1665年间观测并

记录下它。在《英国皇家学会哲学学报》上发表的文章中，胡克指出了这一特征存在于“木星上被观察到的3条带中最大的一条当中”，并指出“它的直径是木星的1/10”。

直到1713年，大红斑总是不断地被观察到，之后它便似乎消失了。到了1831年，海因里希·施瓦布再次看到了它。从那时起，它的大小和颜色都在发生着变化：从一种特别的砖红色变化为一种更加柔和的红棕色，并在一个阶段膨胀到4万千米的直径。旅行者号的观测显示，它是一个高压区域，在云顶上明显更冷，然而其颜色的成因仍然是个谜。

由于巨行星上缺少固体表面，这种类型的长寿风暴在土星和海王星上也被观测到过，尽管在规模上它们与大红斑不在同一个量级上。这类风暴可能是从其侧面或下方汲取能量，或者是它们可以仅通过吞食其他较小的斑点和旋涡来增加它们的大小。由于大气层的巨大深度和缺乏大陆来驱散风暴的能量，大红斑看起来已经进入半稳定状态。



大红斑是一场猛烈而长期的风暴，其强度足以吞噬地球好几次。

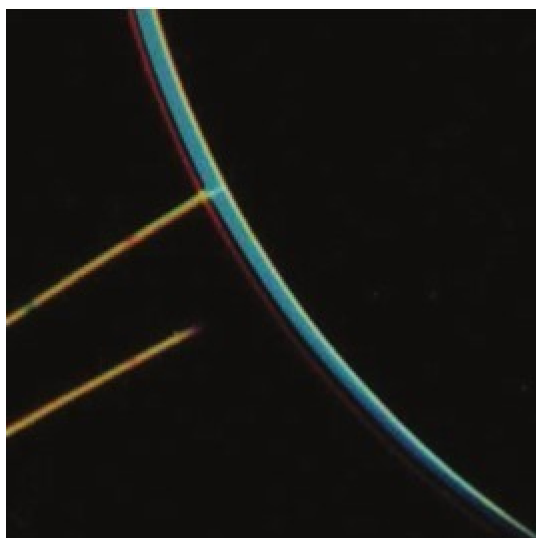




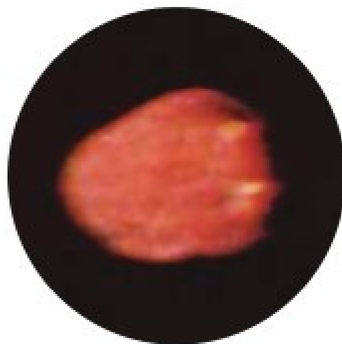
在无数的大气特征中有很多像这个一样的棕色椭圆形的“大驳船”（左）和一系列接近大红斑的白色风暴（右）。



不同的气象特征在木星的不同纬度上持续存在，从而形成了行星独特的色带。



（左）木星在阴影中，因此旅行者2号能够瞥见它的窄环——这张照片左边的橙色条纹。



（右）1892年，阿马尔塞（木卫五）被发现，它呈现出极端的红色。

旅行者2号发现这个环相当狭窄——一位科学家称之为“缎带状”。它离木星非常近，意味着它很年轻。它的主体由两部分组成：内部的由尘埃组成的“光环”，以及外部的“薄纱环”。在行星云顶上方1.8×10^5千米的地方，“薄纱环”逐渐消失在黑暗背景中。



人们认为形成大红斑的风暴已经肆虐了150多年。

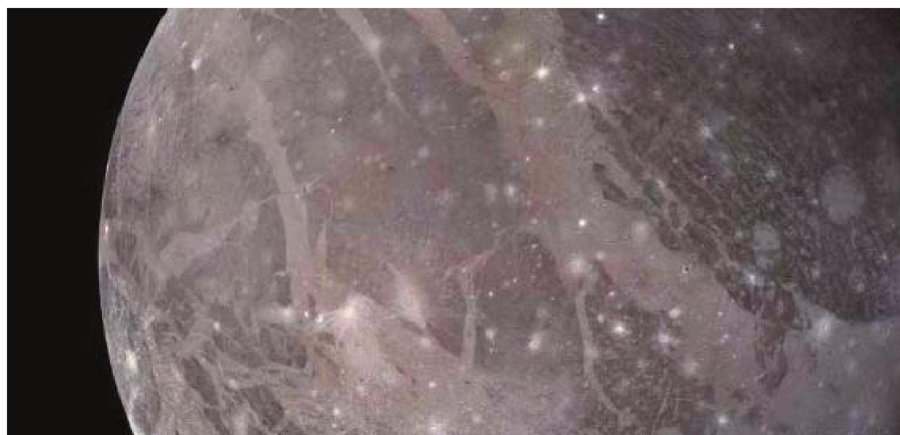
新视野，新细节

旅行者号探测器首次揭示了整个木星系统，并向我们展示了4颗伽利略卫星之间的巨大差异。即使是这个时代最好的望远镜也只能看到艾奥、甘尼德、欧罗巴和卡利斯托，它们像舞动着的微小亮点。这两个旅行者号航天器揭示出它们是完全不同的4个世界。它们的大小相差很大，小的比我们的月亮还要小，大的则几乎和火星一样大。

巨大的甘尼德是太阳系中最大的行星卫星。它赤道的直径为5270千

米，略微超过土星的卫星泰坦。旅行者1号在甘尼德上发现其上存在稀薄的大气，大气压相当于地球海平面气压的10亿分之一。探测器拍摄的图像显示，在黑暗、重重凹陷的古老区域和沟壑相交的更明亮、更年轻的斑块之间有一条裂缝。

甘尼德表面的主要特征是伽利略区，一个4000千米宽的暗斑。这个巨大的椭圆形的甘尼德原始地壳残骸，被一些绰号为“重写本”的陨石坑所点缀。重写本是被反复书写的中世纪羊皮纸，虽然已经被重新书写，但是上面原本书写的部分并没有被完全擦除，仍然能够显现出来。该地区及其陨石坑提供了一个对甘尼德过去的地质构造变动进一步了解的机会。在其他地方，从较年轻的陨石坑辐射出的深色线条在地表延伸数百千米。



甘尼德的地壳对比鲜明，黑暗的、老的区域从较新、较亮的区域中脱颖而出。



甘尼德上巨大的伽利略区陨石坑为了解这颗卫星的构造史提供了一个窗口。

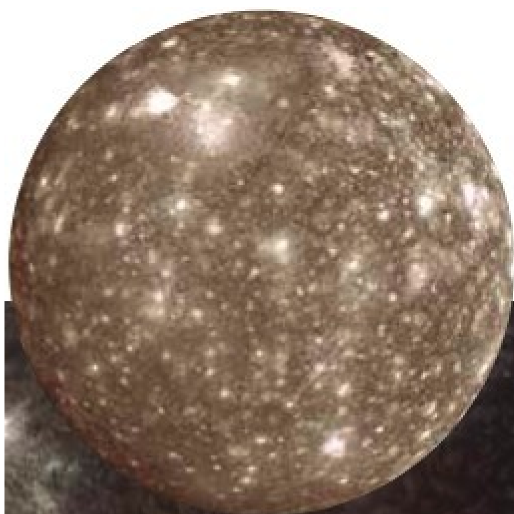
古老的卫星

卡利斯托的赤道直径比甘尼德小8%，但是两者彼此相似。这是因为，两颗卫星的构成都基本是半水半岩石结构，并且和艾奥不同的是，它们离木星都足够远，能够逃脱来自木星磁层的强烈轰击。旅行者1号在它向外的旅途中观察了卡利斯托，并发现它的地表既没有高山也没有深谷，而是由瓦尔哈拉陨石坑那600千米宽的圆形中心和周围的同心环阵列主导。

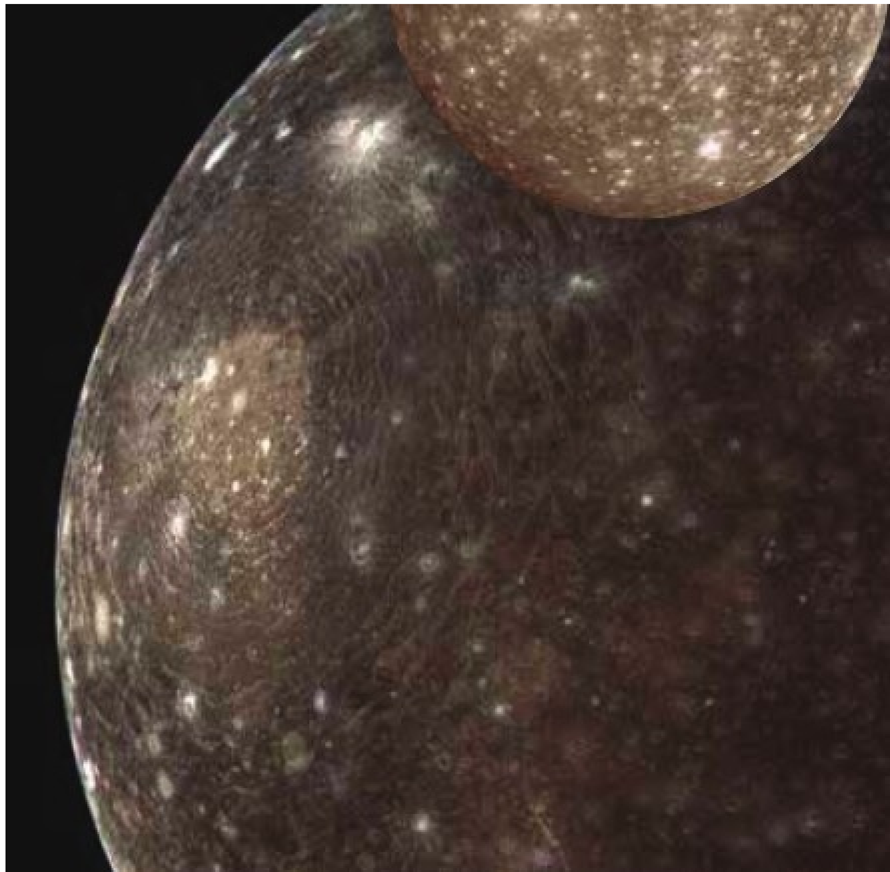
巨大的凹凸不平的地形揭示了一个其起源可以追溯到大约45亿年前巨行星本身的吸积增长阶段的世界。然而，在这颗卫星上却并没有发现直径超过150千米的“大”陨石坑。一些理论认为，卡利斯托的冰岩成分在某种程度上改变了薄地壳支撑这类陨石坑的能力。甚至在旅行者号与它相遇的时候，有人依旧认为，数百万年的浮冰可能已经将这样大小的陨石坑填满了。

欧罗巴，这颗最小的伽利略卫星是一颗高反射率的球体，它让人联想到了“缠绳棒球”。这个描述源自于这颗卫星表面上那明显的线形条纹。在它表面上有着扇形的山脊和绵延数千千米的蜿蜒曲折的深色条纹，而那神秘的“三条平行条纹”由两条平行的山脊组成，中间由凹陷的

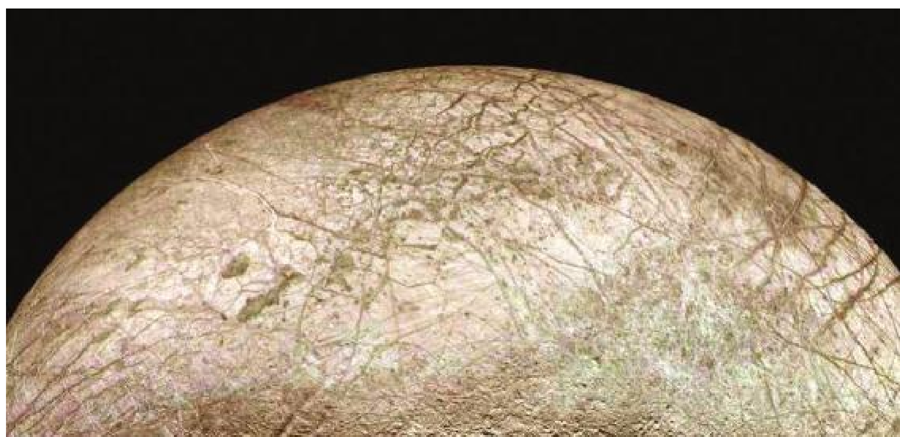
峡谷将它进一步分开。欧罗巴表面只有几个陨石坑，其中之一是26千米宽的普威尔。撞击所产生的喷射沉积物覆盖了从中心盆地向外数百千米的面积。

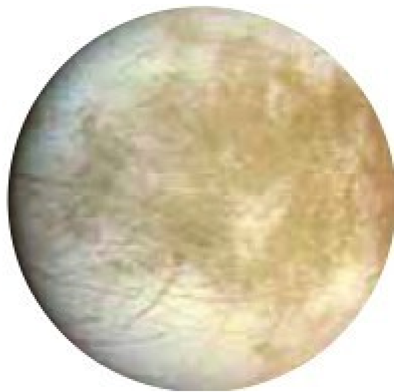


（上）卡利斯托上为数不多的陨石坑表明其缺乏构造活动。



（下）在卡利斯托的西翼能看到瓦尔哈拉陨石坑，它被一个巨大的环系统包围着。





从远处看欧罗巴（插入图）以及从上方近看欧罗巴（下），可以看到这布满条纹的表面遍布应力性断裂。

有趣的是，在普威尔陨石坑的位置科学家们观察到了有冰山形的块状地下物质从地面凸出来，它似乎恰好出现在地壳的一个特别薄的部分上。科学家们认为那些被昵称为“斑点”的暗区有可能来自欧罗巴内部的上升物，而卫星远离木星的那一面，则具有巨大的长达数千米的楔形条纹特征。

更多发现

旅行者号在木星上的发现突显了行星探测的不可预测性。即使对于这颗太阳系中最大的行星，我们也仅仅揭开了它神秘面纱的一角。对于旅行者号科学家来说，这是一生中或许仅能体验一次的难得经历。NASA太空科学副署长汤玛斯·蒙克把它比作“在船只登陆时分或穿越各种奇怪岛屿时坐在桅杆顶端的瞭望台上发现各种光怪陆离的新奇景象”一样的神奇经历。艾奥上的火山，巨大的极地极光，以及从前未知或没有观察到的行星环和卫星，这所有的一切，在科学家将探索任务交给离家数百万千米的旅行者号之前，是根本不可能被提前预见的；它们的发现改写了后1/4个世纪教科书中那些关于木星的内容。

“旅行者号在木星上的发现突显了行星探测的不可预测性。”



旅行者1号与木星相遇，极大地加深了我们对这个气体巨星的认识。

旅行者号的声音 琳达·莫拉比托

琳达·莫拉比托作为导航团队的一名工程师加入旅行者号任务。在旅行者**1**号和木星相遇后的几天里，她完成了该任务最著名的发现：一个羽毛状的喷发，表明伽利略卫星艾奥是有火山活动的。



采访：伊恩·托德

我是一名致力于研究木星和其卫星精确位置的团队中的一员，我所使用的研究工具是一台可填满整个大房间的计算机。

我们需要从拍摄到的图像中精确计算这些天体的中心位置到亚像素级别。尽管这一要求在当时来说相当高，但确实是可以做到的！当时我们所采用的相机是一个摄像管，这的确是很久以前的技术。

为了确定位置，我们需要一个新的星表。

我们需要精确的恒星位置来确定航天器相对于卫星的位置。要达成

这一点，需要一个纪元星表，然后再将自行考虑进去。之所以这样是因为我们相对于恒星在移动，而它们相对于我们也在移动。当时还没有一个星表可以提供我们完成任务所需的精度。因此，一位同事和我必须去加利福尼亚北部的里克天文台协助制作新的星表，这样我们就能够以最高精度知道行星和卫星的确切位置。这件事太激动人心了！

在和木星相遇之前，我们几乎都没怎么睡觉。

我们的工作是确保没有人听说过我们，也不知道我们所做的工作。我们只想完美地为航天器导航，这也正是我有幸参与去做的事情。

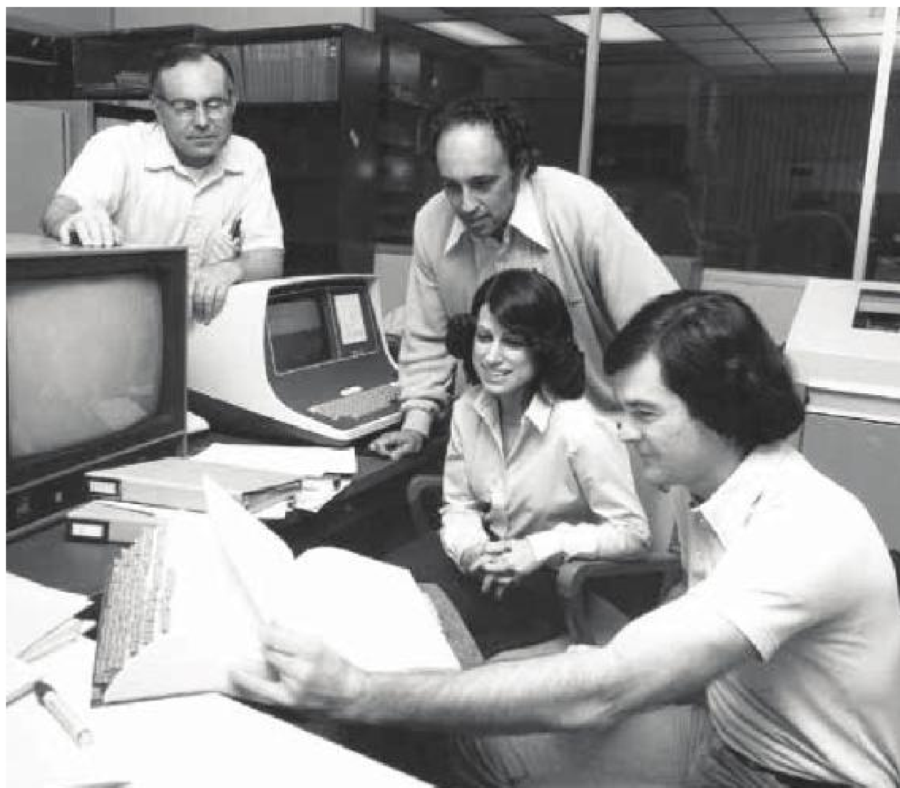
我怀疑今天任何一款质量过关的笔记本电脑都比我当时那台微机有着更强大的计算能力。

它占据了整个房间，而且必须时刻被冷却，所以它的风扇一直都会发出大量的噪声。每次进入导航团队的小区域的时候，我都必须额外穿上好多层衣服！

有一个专门的数据信使帮我们从街对面的戈德斯通深层空间通信中心把数据拿过来，数据是在那里被接收的。

实际上，在航天器开始探测木星之前，我们需要进行几次最后的演练，以确保到时我们可以在正确的位置观察卫星并拍摄卫星的图像。我记得当时我和导航团队的其他成员在等待数据信使。虽然没有发生任何差错，但数据还是到得晚了一些。但是，当你在算计每一秒钟，并且需要把时时刻刻在天的数据与地面的数据相结合时，多流逝的任何一秒钟都会让每个人非常紧张。这么多年后，我仍然没有忘记那时我看向我们的项目经理，而项目经理又看向我和其他人的场面。当时我们都在等待数据，以确认轨道变更确实在它应该发生的时候发生了。

“我相信我看到的都是真实的，所以我一直在问自己：‘那是什么？’一次又一次。”



琳达与同事们在导航小组的图像处理室里，艾奥上的火山活动就是在那里被发现的。

科幻小说作家善于描述我们尚且还没有看到的东西，但是在我们所看到的细节上，木星的外观也同样是超乎想象的。

作为导航员，我们所看到的照片并不是彩色的。但是我还记得，在我回家睡觉的那些短暂时间里，我终于还是有机会看到我们的劳动成果。我那时一直在努力工作，以至于我始终没有时间去近距离观察艾奥的图像。终于，在实验室的某个新闻发布会上我看到了它们——那颗卫星的景象彻底把我给迷住了。我几乎不能相信自己所看到的：这似乎是人类在太阳系中见过的最奇特的天体之一。我永远不会忘记它。不同温度下的二氧化硫导致艾奥的颜色从黑色、橙色、黄色到蓝色不断变化。科学家们描述它的方式以及我们当时描述的方式很快就广为流传：它看起来就像是一个发了霉的比萨。

看到艾奥——一个我们从未见过的世界，是不可思议的。

它是一颗卫星，大小和我们的月球差不多，它离木星的距离也和月球离地球的距离差不多。据我所知，当时的科学家们都非常有信心，认为我们将会看到一颗从地质与各个角度看布满早已死亡了的火山口的天

体，就像地球的卫星月球一样。然而，这与我们实际所发现的截然不同。



琳达的计算机显示了艾奥火山羽流被发现的图像。

我拿到的图像仅仅提供了可以让我进行高精度的重心计算的必要信息。老实说，它们的优先级很低。

当时成像小组几乎每个成员都离开并回到了他们原先的机构里。到那时，大家都认为旅行者号发现的木星奇观已经是故事的全部！

当我走进办公室开始处理这些照片的时候，惊讶地发现照片当中卫星的月相是没有全部发光的新月。因为用于计算重心的软件要求卫星的月应当是满月，那么这些照片对于计算也就没有用处了。但是我还是决定对照片进行一些额外的处理。

我对图像做了所谓的线性拉伸处理，以增强对比度，从而找出亮度的微小变化。在那一刻，一个巨大的物体出现在了卫星的边缘。

我相信我所看到的都是真实的，因为它们是从我所处理的数据中得到的。所以我一直在问自己：“那是什么？”一次又一次地。我想我当时认为，如果问的次数够多，答案最终会出现！但是，当然，我不知道那是什么，而且当时我已经严重睡眠不足。

这个物体有一个与之相关联的相位角，所以它实际上有它自己的新月形和它自己被照亮的黑暗部分。与艾奥的新月形相比，这个新月形的

指向有一个偏移，并且这个物体很大，大约是图像中新月形的1/4。它也是雨伞形状的，雨正向下落。当然，现在我们知道它是在艾奥表面上方约270千米处的一个上升的羽流。

一个接一个，我联系了那些我认为可以给出答案的人，因为我觉得自己没有很多时间去搞清楚这个问题，而我又很想知道看到的到底是什么。

我开始不断地对此进行推断，并联系了那些熟悉照相机系统和人为因素的人。大多数图像都有瑕疵，而那些并不是真实存在的东西，所以我必须消除这种可能性。我还必须排除它也有可能是一颗尚未被发现的卫星的可能性，因为它看上去就是那个样子。

最终，我们的讨论结果促使项目科学家埃德·斯通向其中一个仪器发出命令，以进一步探测这是火山羽流的可能证据。而我则必须找到航天器投影到正下方艾奥上的纬度和经度，由于我并不知道羽流是否在卫星边缘的后方，所以还要根据云的外观进行进一步的推算。但是，一旦你得到了航天器的纬度和经度，就只需要简单的加法和减法就可以确定羽流的位置。而它就在艾奥那巨大的心形火山特征的顶部。我想我永远不会忘记当我看到那个羽流的经纬度和那个火山特征正好一致的那一刻。

最令人难忘的部分是当我刚刚开始对其进行研究的时候，以及我和图像单独在一起的片刻时间。

清晨的那些短暂时光是仅属于我和这项发现的独处时光。对我而言，科学是比任何个人的事情都重要的东西。而这项发现更如梦一般，因为我正看到的是任何前人都尚未见过的东西。

其实在旅行者1号到达之前，就有科学家对艾奥上火山爆发的预测，但我当时并不知道。

就在那次邂逅之前，加利福尼亚大学圣塔巴巴拉分校的斯坦顿·皮尔发表了一篇论文，预测艾奥正在通过潮汐消散被加热。他预言了我们在艾奥上看到的东西。当时我不知道斯坦顿的论文，但有很多人，包括埃德·斯通，都在寻找任何可能的证据来支持这一预测。所以当斯通被叫进来时，你可以从他的眼睛里看到：他知道他看到的是什么。

这是千载难逢的好机会。

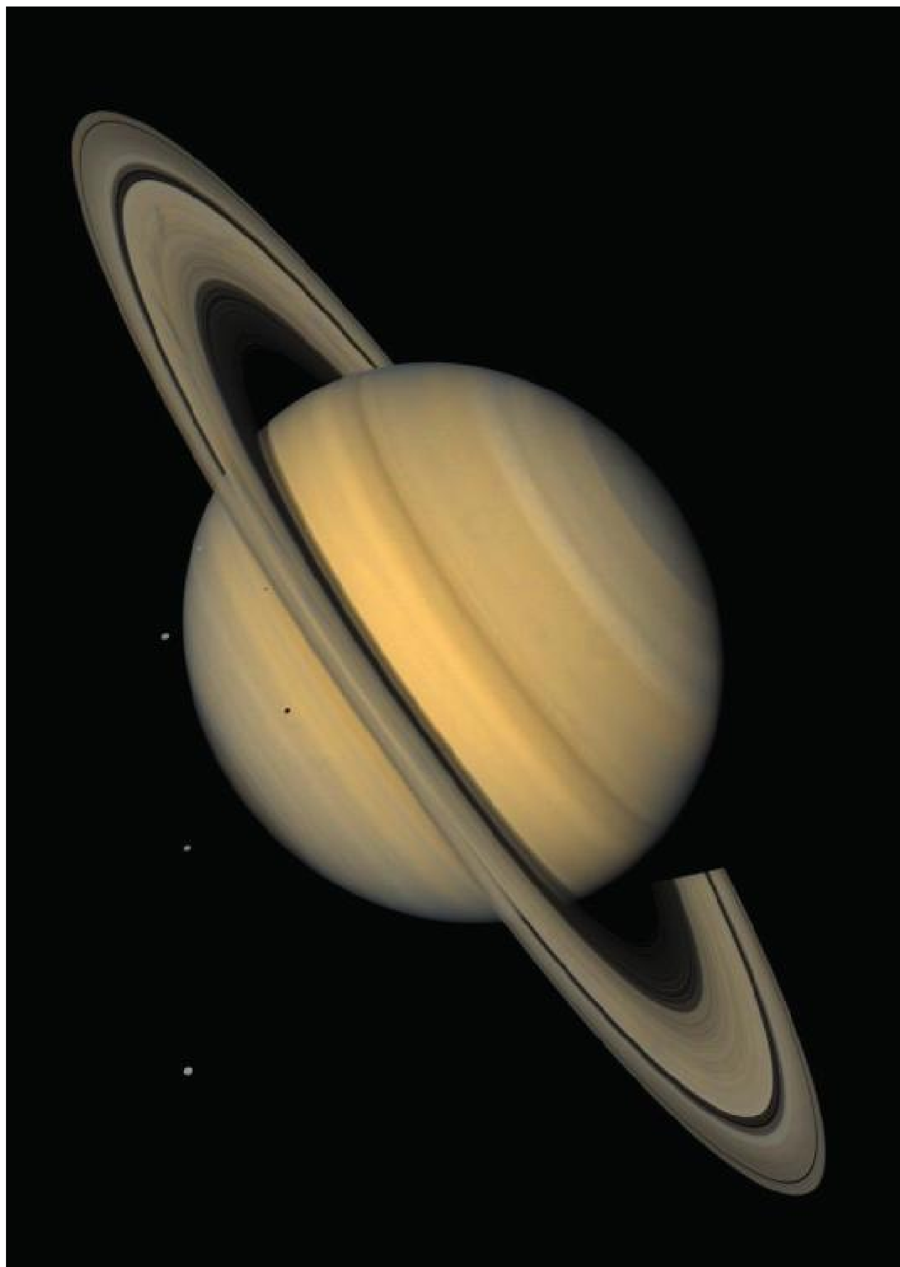
他们常说我们重写了课本。是的，我们做到了。我现在教的课程的一大部分是关于潮汐力的。这是一种令人惊奇的方式，能让星球产生内热并活跃起来。这是我们第一次看到这种情况正在发生。旅行者号有这

么多的第一次，我非常荣幸能够见证并参与到其中。这本就是我的梦想：我可以以某种方式帮助人类文明前进。



琳达坐在旅行者1号模型的前面。正是旅行者1号拍摄了琳达手中的这张革命性的照片。

土星上的巨大发现



在这幅旅行者2号的图像中可以看到土星那许多卫星中的4颗。特提斯（土卫三）、狄俄涅（土卫四）和雷亚（土卫五）飘浮在太空中；而美马斯（土卫一）悬挂在环的下方，靠近行星西边

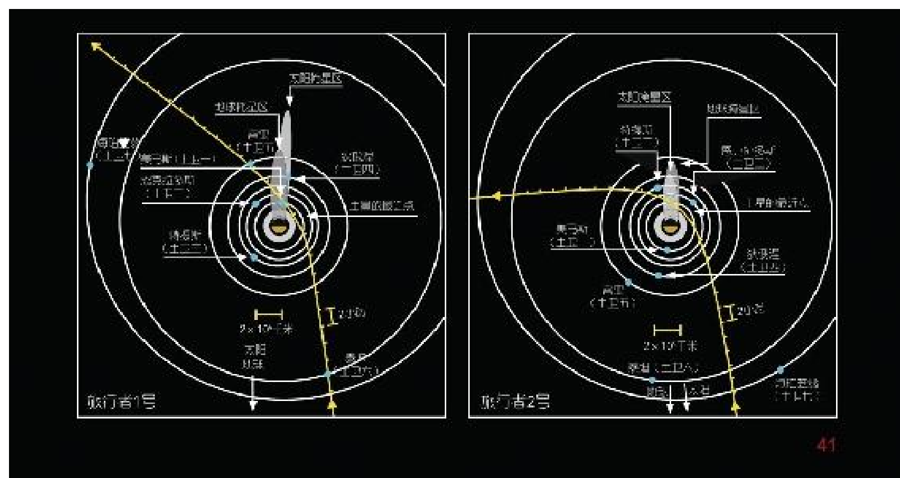
的边缘。

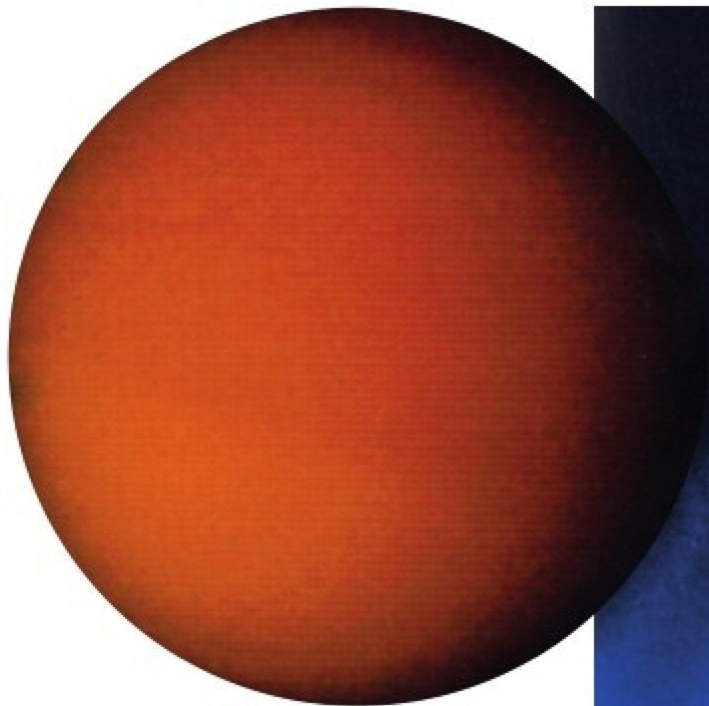
撰文：本·埃文斯

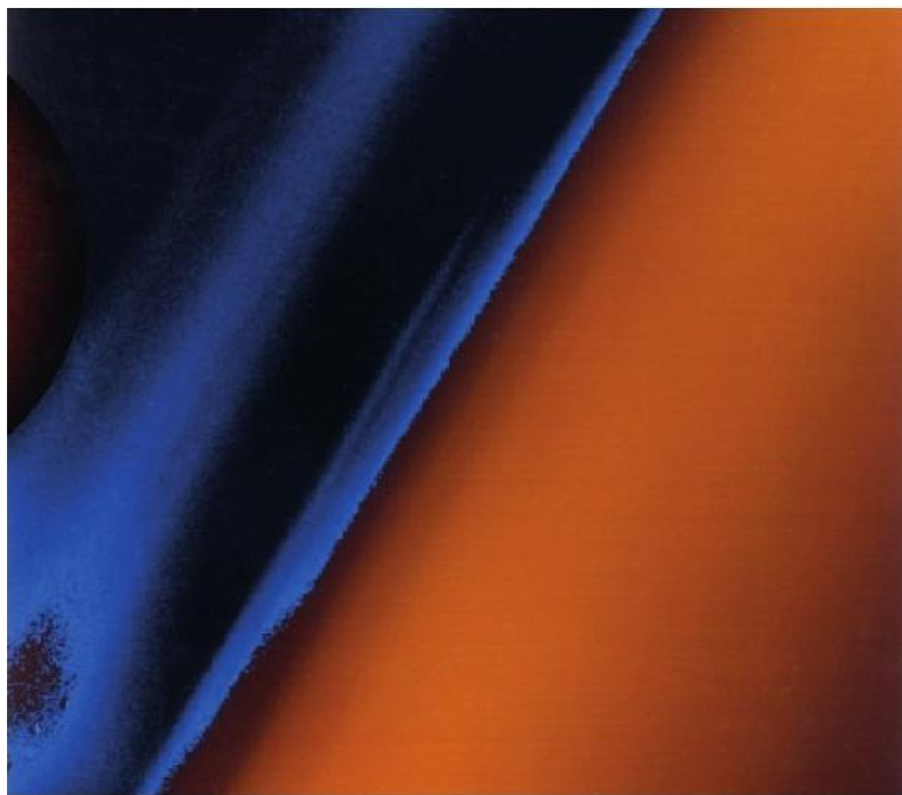
长期以来，土星被视为太阳系的“哇哦”行星。事实证明土星比任何人想象的都更宏伟。旅行者1号在土星附近时飞掠了泰坦，而它至今仍然是我们知道的唯一有着厚大气层的卫星。

1980年11月6日晚，在到达土星前不到一周时，旅行者1号突然开始保持“沉默”，虽然这其实并不是意料之外的。对于航天器即将开始执行的危险动作，加利福尼亚帕萨迪纳JPL当时的负责人布鲁斯·莫里并不是唯一一个担惊受怕的人。毕竟，自从这个小航天器3年前开始执行这个史诗级的探索任务，它已经改写了我们对于木星的认识。而现在，为了让这个航天器可以转向泰坦，在距离地球超过1.4×10^9千米的位置，它有意切断了与地球的关键通信联系。

“这不危险吗？”莫里在航天器到达土星前的最后一次会议上问道，“在如此靠近土星的距离上切断联络？”这确实是一个大胆的举动，但有着一个明确的理由。旅行者1号将沿着一条被称为“木星—土星—泰坦”的航线行进，它将可以从近距离观测到太阳系中唯一被确定拥有浓密大气的天然卫星。







旅行者2号从远处拍摄的泰坦只是没有特征的一团（插图）；旅行者1号在更近距离拍摄的伪彩

色照片（本图）显示了笼罩在这颗卫星上的薄雾层。

泰坦上由气体和微粒雾霭组成的大气层像汤一样稠密。如果要飞到距它3900千米的范围以内，就需要点燃推进器，对轨道进行修正。为了做到这一点，旅行者1号不得不重新调整自己的姿态，将它一直朝向地球的姿态旋转上1/4圈。

在加利福尼亚的哥德斯通，深空网络的跟踪站适时地将必要的命令传送到航天器上。这些命令跨越地球和土星系统之间的广阔空间并以光速进行传递，但即使这样仍需要耗时84分钟。

旅行者1号反应迅速，它的高增益天线转向偏离地球的方向。它的肼燃料推进器发出了近12分钟的嘶响，给它带来了轻微的侧向推动力，以进入飞掠泰坦的轨道。然后，探测器与我们的世界再次方向一致。84分钟后，通信再次建立，大家都松了一口气。

“泰坦上是否有可以存在碳氢化合物的湖或海洋被科学家们第一次认真考虑。”

调查开始

对泰坦的探索不久就有了第一个收获。11月11日早上，航天器的无线电信号穿过泰坦厚厚的橙色云层，逐渐变弱，然后消失，13分钟后再次出现。该信号的“躲躲藏藏”式的行为让研究人员可以证明，在20世纪40年代首次被探测到的泰坦大气层远比预期的要厚得多。后续对信号数据的进一步分析揭示出泰坦有一个温度为-180摄氏度的固体表面。

无线电信号还显示，这颗卫星的赤道直径约为5150千米。这是一个重要的发现，因为直到1980年，由于不清楚泰坦那浑浊大气的厚度，科学家对泰坦尺寸的估计是不正确的，他们认为它是太阳系中最大的天然卫星，甚至比木星的卫星甘尼德还要大。几年前，从地球看到的一次月球的掩星事件给出一个5800千米的光学尺寸，但是这个数字由于缺少关于泰坦云层厚度的精确细节而存在偏差。借助旅行者1号的数据，我们可以确定甘尼德是两颗卫星中较大的一颗，并且两颗卫星都比太阳系最接近太阳的行星水星的尺寸要更大。

泰坦倾斜的赤道导致它上面季节分明。旅行者1号能够看到气体和微粒从一个半球迁移到另一个半球。这一现象和大气的垂向密度分布结合在一起，造成了该卫星反照率上的巨大差异。无论是旅行者1号还是旅行者2号，在1981年8月在泰坦上空即使扫过了9.07×10^5千米的距离，期间都没有看到任何固体表面的痕迹。但它们确实识别出了北极上

空一个暗褐色的分离的雾霭“帽子”。这与明亮的南部形成鲜明对比，并让我们得以瞥见这颗卫星季节的变化——当时在南方是秋天而北方是春天。

早在旅行者号到达之前，我们就已经知道这个卫星的大气里含有甲烷，尽管结果表明甲烷只占其中的百分之几。事实上，来自土星强磁层的质子和来自太阳风的紫外线光子分离出氮和甲烷分子。它们的原子重新组合成一系列的微量元素，包括氰化氢和乙炔，其中许多可以被旅行者号的红外仪器探测到。氰化氢在氨基酸合成中起着重要的作用，它在泰坦上的发现引发了科学家对这颗卫星上可能存在产生复杂有机化学过程的必要物质的理论猜测。事实上，它甚至可能反映出地球在其婴儿阶段的状况。它就像生命在地球上开始演化之前几十亿年时的样子。

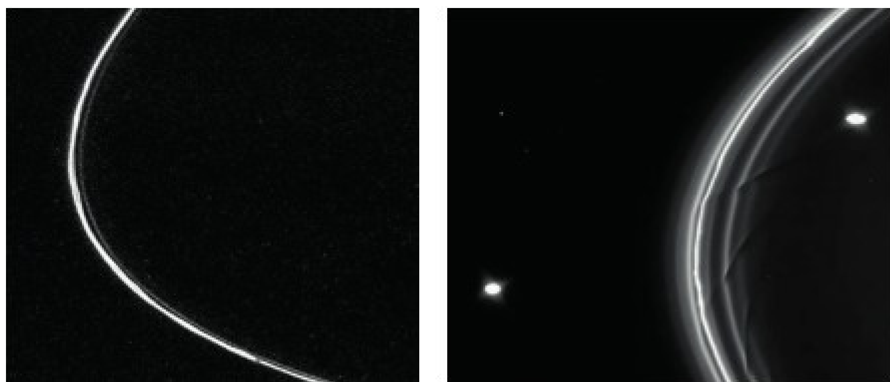
一幅复杂的图像

在旅行者号快速飞掠泰坦的过程中，它们探测到靠近卫星表面的温度较低，而相对远离表面的对流层中的温度较高，这就是所谓的“逆温”现象。这种现象主要由太阳的紫外部分造成。它使泰坦上本已经很复杂的光化学过程进一步复杂化。泰坦的光化学过程由一层200千米厚的碳氢化合物烟雾所主导，其颗粒的大小在0.2微米到1微米之间。即使在1980年，仍有人认为这些微粒会像雪一般降落到泰坦的表面，也因此人们第一次认真地考虑泰坦的表面是否有可能存在含有碳氢化合物的湖和海洋。

离开泰坦18小时后，旅行者1号在土星发黄的云顶上方距离6.42×10^4千米的位置迅速飞过。土星是太阳系中视觉效果最壮观的行星，它那复杂的环，让1610年的伽利略如此困惑，直到1655年才由克里斯蒂安·惠更斯将它们正确地识别和描绘出来。这些环的径向宽度为2.82×10^5千米，但是厚度普遍被认为不超过1.4千米。

这些环中被称为A、B、C的3个环，连同4800千米宽的卡西尼环缝，是在很早之前就为天文学家所知的。1979年9月，先锋者11号发现了F环，它看起来就像由一团扭曲缠绕的细线组成的一样。此外，从它的数据中可以推断出在土星附近极有可能存在“牧羊犬”小卫星。这些小卫星就像牧羊犬一样驱使着环上的物质沿着特定轨道飘移，进而形成稳定的土星环。一年后，旅行者1号发现了小卫星普罗米修斯和潘多拉，它们都横跨F环，并在一度程度上影响着F环的结构。不幸的是，探测器光偏振计的缺陷使其无法对它们进行更为详尽的探测。

尽管如此，旅行者1号还是设法找到了满布尘埃的D环和尤为细长的G环。9个月后，装备着一个功能齐全的光偏振仪的旅行者2号到达土星，并设法分辨出了在此之前看不见的“小环”，这表明环与环之间很少能有缝隙存在。



旅行者1号在土星的F环（左图）发现了扭结，它显示出小卫星对环结构的影响。2010年，卡西尼号让科学家们看到了普罗米修斯（土卫十六）和潘多拉 （土卫十七）（也被旅行者号发现）是如何做到这一点的。



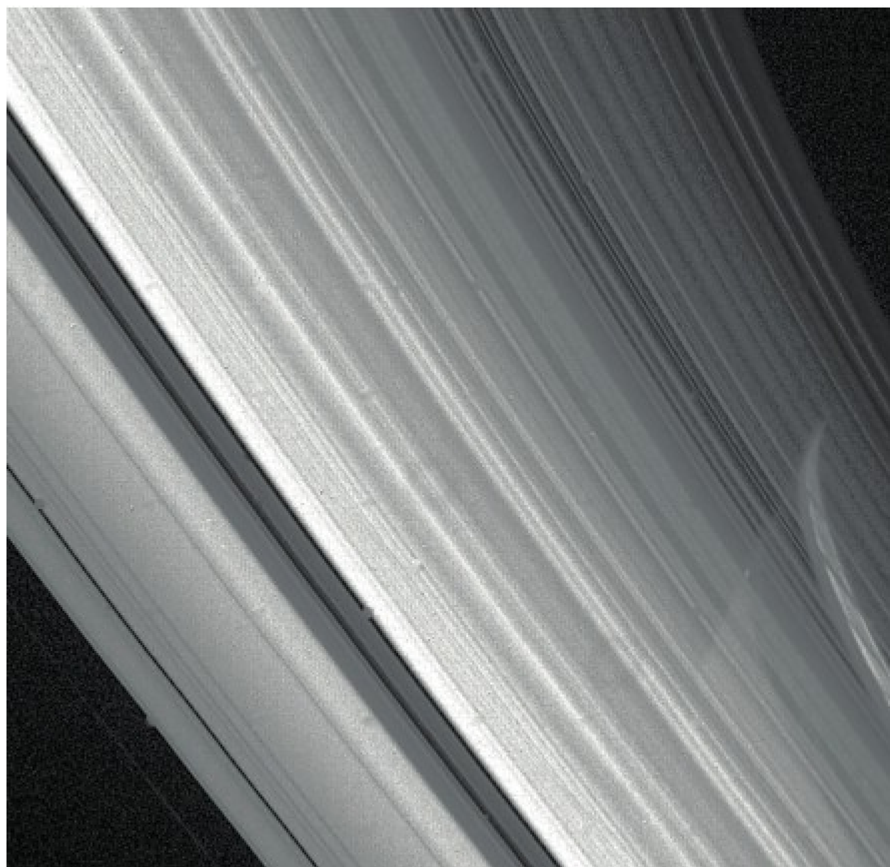
在这幅图中被环包围的土星周围，可以看到土卫三特提斯、土卫二恩克拉多斯和土卫一美马斯。这幅图是由在距离土星1.8×10^7千米远的地方所拍摄的多幅图像合成的。

即使是那将明亮的A环和B环分开的宽阔的卡西尼环缝，也被发现包含有大量的灰尘和岩石碎片。射电波段的测量证实，分布最紧密的粒子的大小从不到1厘米到10米以上均有存在。

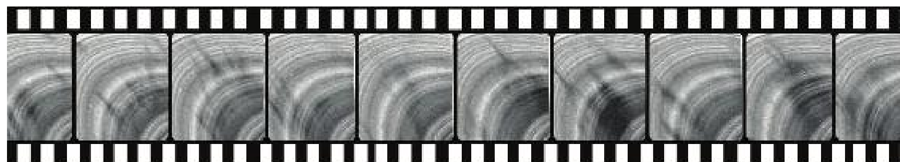
环的起源

土星环的主要成分是水冰。它构成了99.9%的环，并且使环表现出

十分耀眼的反射。虽然两个旅行者号都在某一些部分看到了褪色现象，但这可能是由于这些地方存在杂质，如复杂碳化合物索林斯或硅酸盐而造成的。直到1980年，科学家一致倾向于将引力作为环形成的驱动力。然而，旅行者号却发现环上存在与引力轨道力学所预测的结果不一致的径向特征，包括环上的辐条和扭结现象。



旅行者2号从3.3×10^6千米处看到的环，穿过C环和B环，刚好能在右下角看到土星的边缘。



旅行者号拍摄的图像序列揭示了横穿土星环的辐条。

旅行者1号在土星的一次旋转过程中拍摄了一系列图像，揭示了辐条的形成和耗散的过程。这些图像显示出辐条实际上是悬浮在环上的带电粒子。

有人认为，环内的裂缝是由轨道“共振”过程形成的。这个过程使粒子被相邻的牧羊犬卫星的引力限制在特定区域。卫星普罗米修斯和潘多拉的发现证明了这一观点，而与卡西尼缝相邻的粒子通常被认为是受到了土卫一美马斯的影响。

在其他地方，靠近A环边缘的粒子被小卫星阿特拉斯（土卫十五）以及共享轨道的小卫星埃庇米修斯（土卫十一）和杰纳斯（土卫十）所“锐化”——其惊人的赤道脊可能是来自被卷上来的环的物质沉积。

另一个小卫星，核桃形状的土卫十八潘，于1990年被发现。它是通过分析旅行者2号先前采集的图像而被发现的。人们认为正是它导致了A环中325千米宽的恩克间隙的边缘“成为扇形”，并让其中保持没有粒子的状态。环中的其他开口（包括卡西尼缝和较窄的惠更斯间隙）被认为是部分地受土卫一美马斯的影响。另一个直径为42千米，以天文学家詹姆斯·基勒命名的间隙被旅行者号在A环的深处探测发现。

巨大风暴

出乎意料的是，土星大气层的组成与木星截然不同。其中氦的丰度较小，氢的相对份额较大——约占大气总量的96%，而木星是87%。像它的大表哥一样，土星向太空辐射的热量比从太阳光中吸收的热量更多，并且它在绕着自己的轴快速旋转，因此产生了极地扁平以及向外的赤道，这是所有4个巨行星所共有的奇妙特征。

为什么土星有这么大的环？

自伽利略·伽利雷和克里斯蒂安·惠更斯最早期的观测之后，3个多世纪以来，土星一直被认为是唯一拥有环的行星。而近期的观测表明，它的3个表兄弟也各自拥有灰尘和岩石颗粒所组成的环，尽管这些环远不及土星环壮丽。这些环形系统的形成和维持是一个谜，人们希望旅行者号能够解开这个谜团。

在1980年之前有两个主要理论占据主导地位。第一个是由爱德华·洛希提出的，假设驻留在离行星特定距离的小卫星们会被潮汐力撕裂，其碎片可能沉淀成环。第二个理论由彼埃尔·拉普拉斯和伊曼努尔·康德提出，他们认为在和由大圆盘形成太阳系的过程相似的过程中，这些环与土星同时形成。

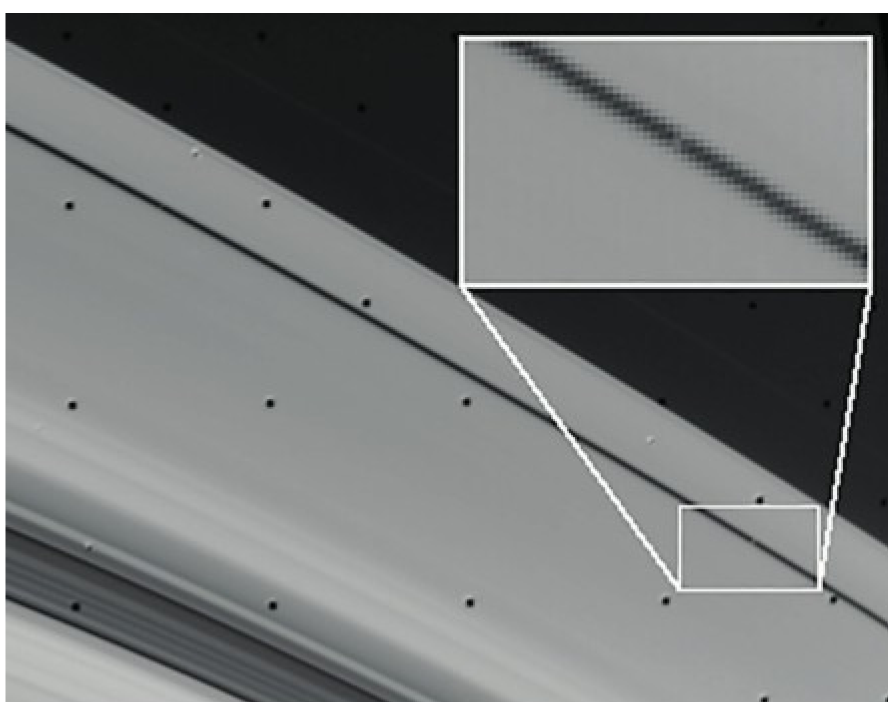
正如旅行者号所看到的，环中的离散粒子是如此明亮和原始，几乎全部是由水冰组成，其中有一些痕量污染物——它们存在的时间似乎还不到几亿年。有些粒子非常小（从汽车大小的巨砾到沙粒状），如果它

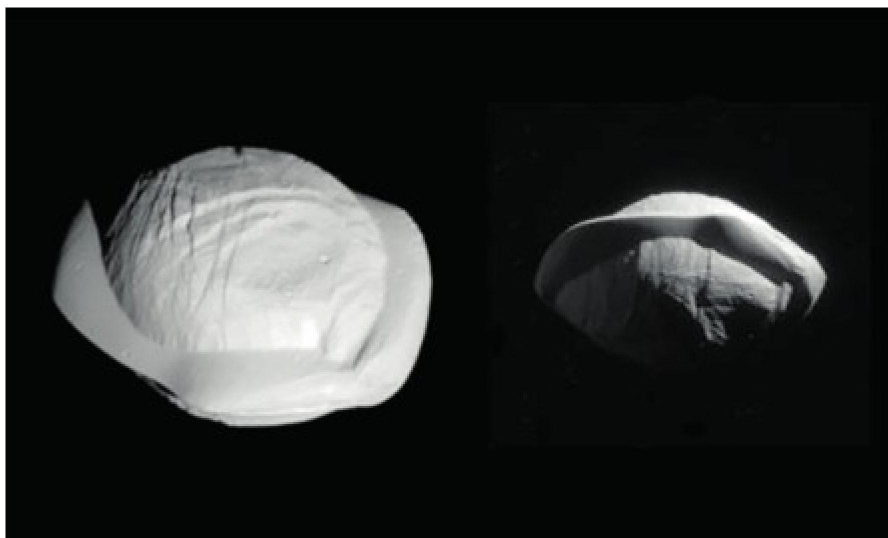
们比几亿年老很多的话，早就被拉到大气中去了。此外，旅行者号在土星上发现了极低水平的环境辐射，这意味着这些环是在相对温和的环境中成长的。

这促成了早期理论的发展，认为木星、天王星和海王星在演化过程中很早就失去了原始的气态盘，留下的主要是挥发物，从中聚集出它们较深色且较小的环系统。另一方面，土星冷却足够早，因此水蒸气可以凝结，并最终产生更壮观的环。在它们和大行星的相遇中，旅行者号也发现了比预期的更复杂的细节：从辐条和扭结到卷曲和牧羊犬卫星。



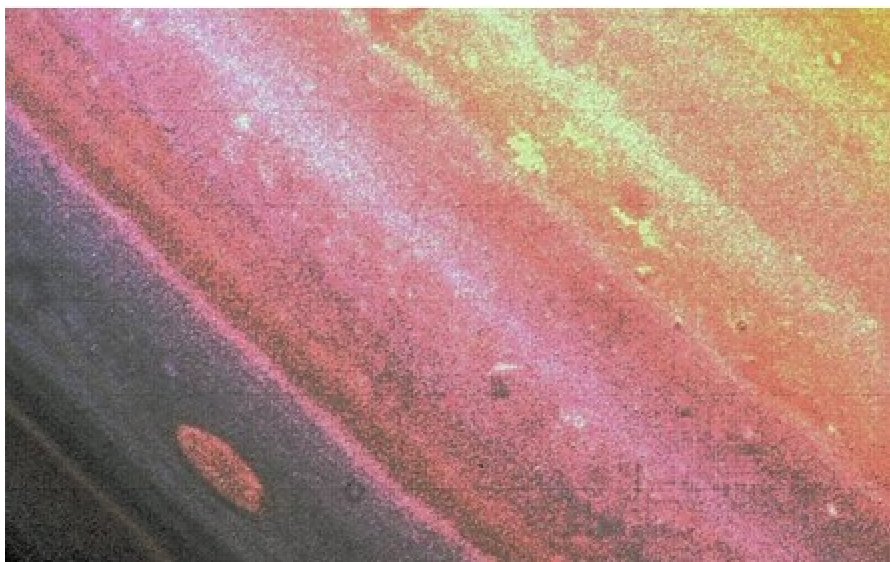
A环的外边缘，平行于环边缘的线性特征被认为是由牧羊犬卫星所维持的。





旅行者2号图像（顶部图像）中的一个小斑点后来被揭示是卫星潘（土卫十八）。卡西尼号进行的探测表明它是核桃形的（上图）。


土星的云层中的带状波结构。

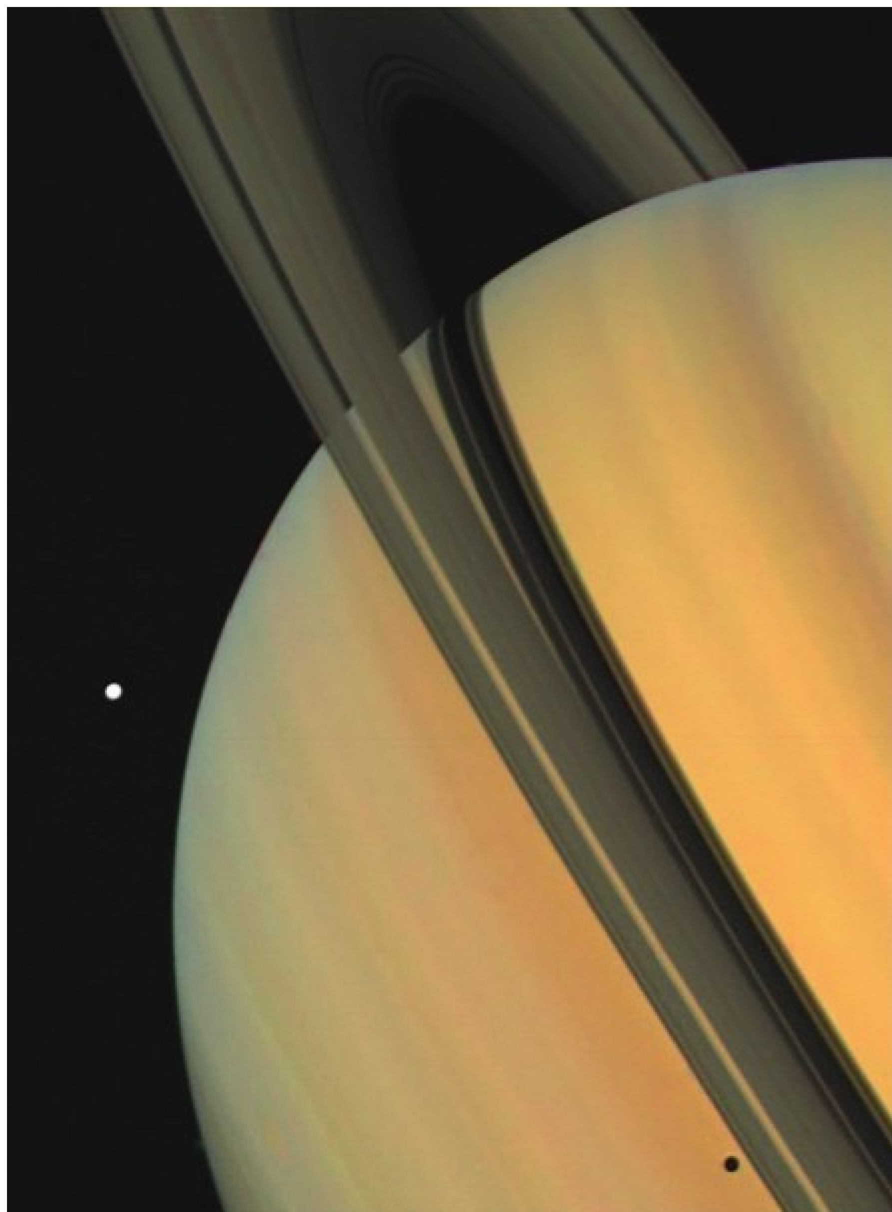

土星也有自己的红斑，虽然比木星的大红斑小。

“旅行者号发现环上存在与引力轨道力学不一致的径向特征，包括辐条和扭结。”

与木星形成进一步对比的是，土星的质量比木星小30%。这就使得民间流传着这样一个说法：如果能找到一个大的足以放下土星的浴缸，那么土星会浮在水面上。土星的纬向条带也没有土星的那么明显，但它绝不是一个平静无奇的地方。在旅行者号到访半个世纪之前，喜剧演员和业余天文学家威尔·海在土星赤道附近就观测到了一个椭圆形白点，它

是几个定期可以被观测到的土星表面上的大规模风暴之一。

当旅行者2号于1981年8月25日飞掠土星时，它发现了向东高速移动的高空急流，速度峰值高达1800千米/小时——比地球上的高空急流的速度快5倍。在更高的纬度上还有更加猛烈的风。来自两个航天器的数据帮助人们发现了北纬65度以上的强度极大的极光，还在中纬度发现了氢的紫外波段发射线。



环和卫星投射在土星上的阴影。

“土星的纬向条带也没有木星的那么明显，但它绝不是一个平静无奇的地方。”

临别礼物

先驱者11号首先探测到土星磁场不寻常的指向。它的磁场与土星自转轴的夹角小于1度。旅行者号观测到在土星云顶的上方约4×10^5千米有一个奇怪的“圆环”，它由带正电荷的氢和氧离子构成。场和粒子探测器探测到与该环面紧密相连的强大的电磁辐射，显示了10^6千米宽的等离子体“薄片”，其中的物质也许来自土星和泰坦的大气。尽管土星的磁层比包裹着木星的巨大的磁场腔体要小得多，但旅行者1号发现它的直径仍然可以达到2×10^6千米。9个月后，当旅行者2号到达时，由于太阳风压力升高磁层朝向太阳的边界明显受到压缩。当航天器离开土星的时候，它的仪器探测到太阳风压力的急速下降，而磁层在不到6小时之后迅速又开始向外膨胀。

日益增大的卫星动物园



▲在卡西尼号出现之前，两个旅行者号提供了土星卫星的最佳照片。

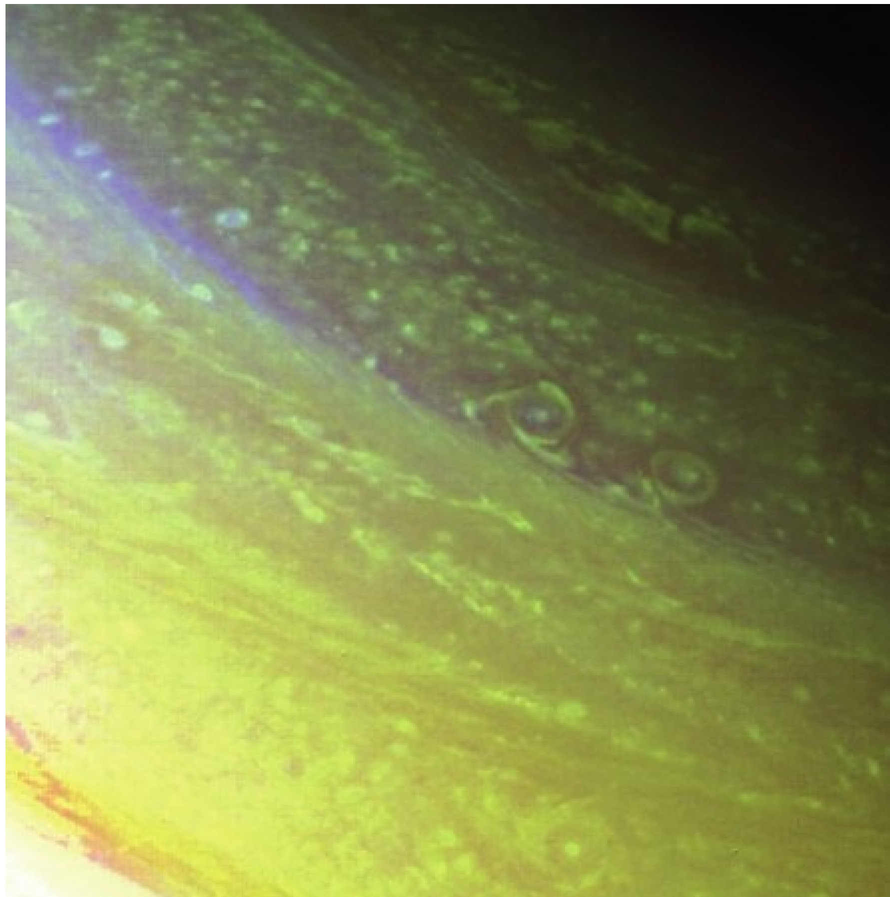
在旅行者号造访土星之前，人们已经知道大约有12颗卫星在围绕着土星运动，其中最大的是行星大小的土卫六泰坦。其次是岩石质地的土卫五雷亚，其直径为1530千米，是泰坦直径的1/3。

两个旅行者号航天器都只从很远的距离观察了雷亚这颗卫星。这颗卫星上没有明显的大气存在。由于在其年轻时它曾经历过两次猛烈的流星轰击时期，它的表面到处布满了陨石撞击所留下的疤痕。土星的其他几颗卫星上的众多陨石坑也通常被认为是产生于这两个时期。其中最吸引人的是土卫三特提斯和土卫一美马斯，它们都主要由水冰组成，它们

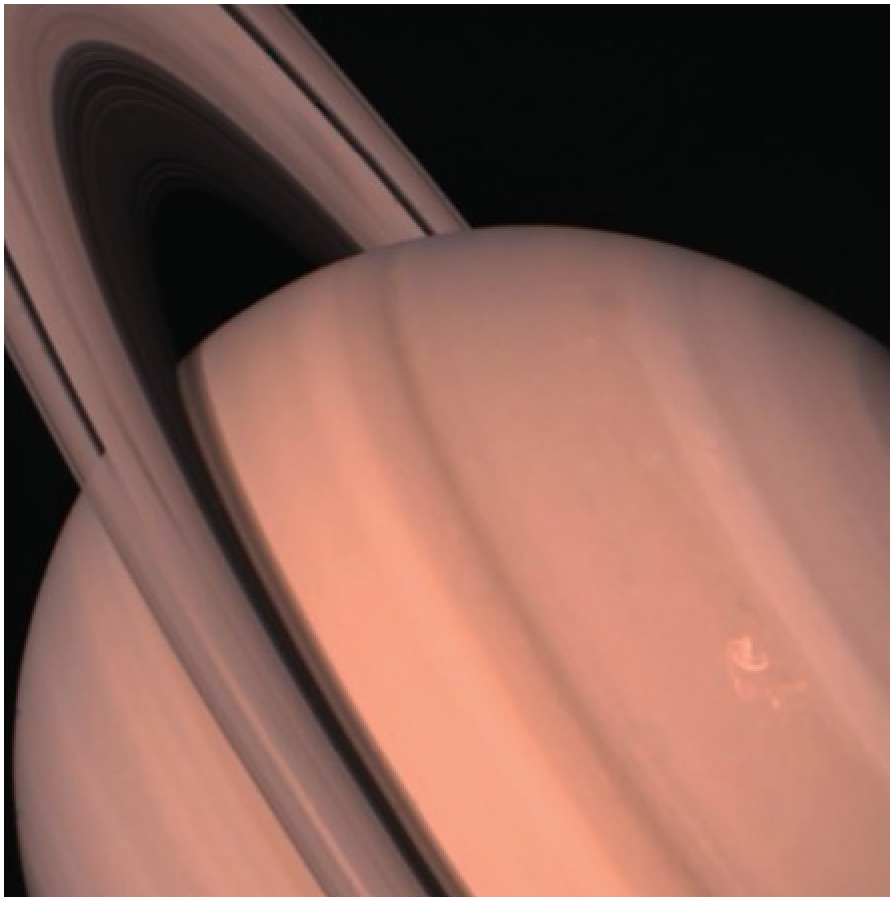
的上面有着极大的陨石坑。事实上，美马斯的赫歇尔陨石坑（将近10千米深，130千米宽）的直径就已经达到了卫星直径的1/3。这个陨石坑如此巨大，以至于形成它的撞击差点让这颗卫星解体。特提斯上则有一个更浅、更古老的陨石坑，叫作奥德修斯，它也占据了卫星表面的很大一部分。

还有神秘的伊帕托斯（土卫八），这个令人困惑的存在。乔凡尼·卡西尼发现它具有“两种色调”——一面光亮，另一面昏暗。旅行者号揭示了两个半边之间蜿蜒的300千米宽的过渡带，表明造成这种情况的原因可能是深色的物质对伊帕托斯前面的半球进行过更多的轰炸。在其他地方，冰冷的土卫二恩克拉多斯几乎反射了所有入射的阳光，使它成为我们所知的最明亮的天然卫星，并引发了人们对“冰火山”理论的怀疑。旅行者号还发现表面凹凸不平的土卫四狄俄涅拥有一个共轨的伴卫星。土豆形状的海珀笠翁（土卫七）可能是古代碰撞的残余物，而斑点状的菲比（土卫九）可能是一颗被引力所捕获的小行星。

随着旅行者号对杰纳斯（土卫十）和伊比米修斯（土卫十一）的近距离观察，新的卫星被相继发现。旅行者号后来又发现了3颗新卫星（土卫十五阿特拉斯、 土卫十六普罗米修斯和土卫十七潘多拉）。而在地球上根据这些图像开展的进一步工作探测到了其他的卫星，其中就包括土卫十八潘。直至今天，已知土星有超过60颗具有确切轨道的卫星，但是土星环内无数粒子的存在——从小颗粒到小卫星，有可能会使这个数字增长至数千或更多。



在土星的北极地区到处可见明亮的小尺度的云点。



旅行者号向我们展示出，土星的带状条纹从赤道一直延伸到两极。

这是土星送给我们最后的临别礼物。其后旅行者2号的仪器被停用，航天器进入了冬眠状态，步入孤独的为期5年的向天王星的旅行。这一时刻几乎是诗意的。土星似乎在向来访者告别，再一次奉上令我们感到疑惑和震惊的不解之谜。



旅行者1号在它和土星亲密相遇的4天之后向回望，为我们展示了一个全新的视角—呈现出了新月形的土星。

旅行者号的声音 卡洛琳·波柯

土星卡西尼项目成像团队负责人回顾了她在旅行者项目中分析照片的日子。她通过这一工作发现了位于气态巨行星环内的辐条。

采访：伊恩·托德



旅行者号飞掠土星的时候，我还是一名研究生。

在我读书的系里有一位旅行者号成像小组的成员。通过他，我开始处理一些由探测器发送回来的图像。返回时信息太多，旅行者号的科学团队又没有足够的人来分析这一切，所以需要学生来帮忙。一些不错的题目因此也就摆在了我眼前，可以用来完成我的论文，由此我便加入了旅行者项目。

我的论文是关于土星环的，我一毕业就加入了旅行者号的成像团队。

3年的时间里，我一直在为飞掠天王星做准备。我已经完成的论文

是关于土星环的，而这些环和最终在天王星周围发现的环正好是同样的类型，所以我是团队中的专家。当旅行者号到达海王星的时候，我领导着成像团队中的一个小组负责行星环相关的所有观测。

旅行者号就像“荷马史诗”。

这就像是划着船，用3年的时间到达我们的目的地，然后去征服继而获得胜利，之后再回到船上继续划行渡过更长的岁月，直到我们到达下一个港口。我们会花很多年的时间到达目的地，然后当探测器正在收集数据并进行不断观测的时候，会有一两周疯狂的时间。在和不同行星相遇的中间岁月里，我们会先分析之前得到的那些图像和数据，并为下一次飞掠做准备。

我们并不是一直待在一个房间里，每天只进行着有关旅行者号的分析和计划。

我们每年会被召集到一起大概3次，进行会议的计划和科学讨论等。卡西尼项目则完全不同，卡西尼项目像是在用冲刺跑的速度跑马拉松，这个项目像是将每年仅为期两周的旅行者号项目讨论会持续了13年！

当你向公众展示结果时，所有的目光都聚焦在图像上。

现在仍然是这样，这非常容易遭受其他科学家的不满。在旅行者项目的时代，其实我们并没有尝试任何方法让这些图片看起来好看，我们没有特别调节色彩，也没有将红色、绿色和蓝色的图像叠放在一起获得最佳的显示效果，更没有把图片框起来，使它们看起来像一件件艺术品。当我们在旅行者号项目中处理图像时，没有做任何这样的事情，所以当我成为卡西尼项目的成像团队组长时，处理图片就成为我的主要目标之一。



卡洛琳和旅行者号成像小组的组长布拉德·史密斯正准备在美国电视台出镜，讨论旅行者项目得到的数据。



卡洛琳（中间）和科学家们，包括卡尔·萨根（坐在桌子上）和埃德·斯通（坐在右边远处）一起分析海王星的卫星海卫一崔顿的图像。

在和土星相遇期间，我们实际上失去了拍摄一些照片的机会。

旅行者1号的扫描平台在飞掠过程中卡住了，所以我们不得不找出修复它的办法。由于这一故障，有一些图像拍摄的序列计划并未能够执行。其中之一就是土卫二恩克拉多斯的南半球拍摄序列。因此，我们本来可能用旅行者号更早看到老虎条纹的断裂，但结果是，它们需要留待

卡西尼项目去发现。

在旅行者号的时代，我们还在处理硬拷贝图像。

“旅行者1号的扫描平台在飞越土星期间卡住了，所以我们必须找出修复它的办法。”

JPL发布了这些小小的印在10×10厘米光面相纸上的照片。这些照片是由旅行者号拍摄的所有图像合成的。我也拿到了这些照片，它们的对比度被增强到足够大，以便你可以看到里面到底有什么。在当时，它是唯一能让我同时看到数百张图像的方式。

我注意到土星的圆环辐条的强度和数量是如何变化的。

所以我决定把它们分类，把辐条非常少的图像放在左边一堆，把辐条很多的图像放在右边一堆。然后又有两堆属于那些介于其间的图像，这样就有了4种分类，我将它们编了号。

每张图片都有时间戳，所以我决定对它们进行频谱分析。

计算结果显示出了明显的周期性，辐条强度和它们在环上的覆盖范围有着周期性的出现和消失过程。它们出现和消失的周期和磁场的周期相同。这是我的第一个真正的发现。

有一些重大发现时刻，而这正是其中之一。

在你告诉其他人之前，有一段时间里，你知道你是这个星球上唯一知道这件事的人。没有什么比这更令人兴奋的了！你可以想象出很多让你兴奋的事情，但这样的一种兴奋是来自于对大自然母亲本质的了解。你感觉自己就像一个祭司长，刚发现了一个关于宇宙的基本真理，并且在一个短暂的时期里，你是唯一知道它的人。



卡西尼号用这幅图像重新拍摄了“暗淡蓝点”：地球微笑的那一天。

我不认为辐条的发现是我最大的科学贡献。

我知道在公众的眼中，当他们想到我和旅行者号时，就会想到这个发现。但我认为我最大的贡献是对土星系统中的环的研究，它们是与围

绕天王星的环关系密切的表兄弟。

旅行者号拉开了序幕，向大家展示太阳系的真实模样。

它让我们有机会一探太阳系其他行星的究竟，并带给了我们那张地球在茫茫宇宙中褪隐为一个小蓝点的照片。就是这样一张照片让我们饶有兴趣地看了23年。在我们用卡西尼号再次到达土星之前，它留给我们一种非常强烈的感觉，我们必须重返当年的航线；那感觉就好像我们之前的探索只是刚刚揭开了表面现象，更多的奥秘还尚待发现……这不仅仅限于针对某一个行星系统所特有的东西。例如，对土星而言，有一些具有巨大的、深远意义的科学问题，对它们的研究可以告诉我们很多，关于过去、未来和现在宇宙中发生的事情。

土星在我的生活中的确扮演了一个特殊的角色。

它是我们太阳系中看上去特征最丰富的行星系统，因为它拥有所有其他行星系统所拥有的一切。它有尺寸最大的一系列的环。它的大气虽然不像木星那样华丽，但也同样有趣。它有一个巨大而多样的卫星群。在太阳系中没有其他的卫星有着像泰坦那样的大气层。我真的很幸运，最开始研究的就是土星。然后在旅行者号项目结束几个月之后，我们得知我们将用卡西尼号再度回到那里。

卡西尼和旅行者是非常不同的项目。

可以说卡西尼号成长在幸福乐土之中，而旅行者号则像一次长途的冒险旅程。旅行者号重新定义了人类，这是我的想法。它使我们成为星际探险家。我们不仅跨越了太空，而且进入了未来，因为它将比我们更长寿。它携带着那个美妙的留言，将人类的留言传递到宇宙中。如果将来有人找到它，那么找到的将是代表着我们所有人的只言片语，而旅行者号将携带它走过数十亿年。这是一个美丽的举动，是卡西尼号所没有的。但它象征着我们与周围的宇宙进行沟通交流的渴望。

正是卡尔·萨根把“暗淡蓝点”的图像变成了人类境遇的寓言。

随着“暗淡蓝点”的出现，我在想从遥远的地方看太阳系会是什么样子。在遥远的地方，所有的行星都在戏剧性地描绘着太空的孤立和黑暗。但卡尔·萨根从更人性化的角度看待这幅图像。他注意到在这一个小点上，有你认识的每一个人和每一个你所爱的人。那是纯粹的卡尔，他是发现情感联系的大师，能让人们注意到我们在做什么，注意到我们对太阳系的探索。

来自卡西尼号的“地球微笑的那一天”图像（上图），是萨根最初设

想的。

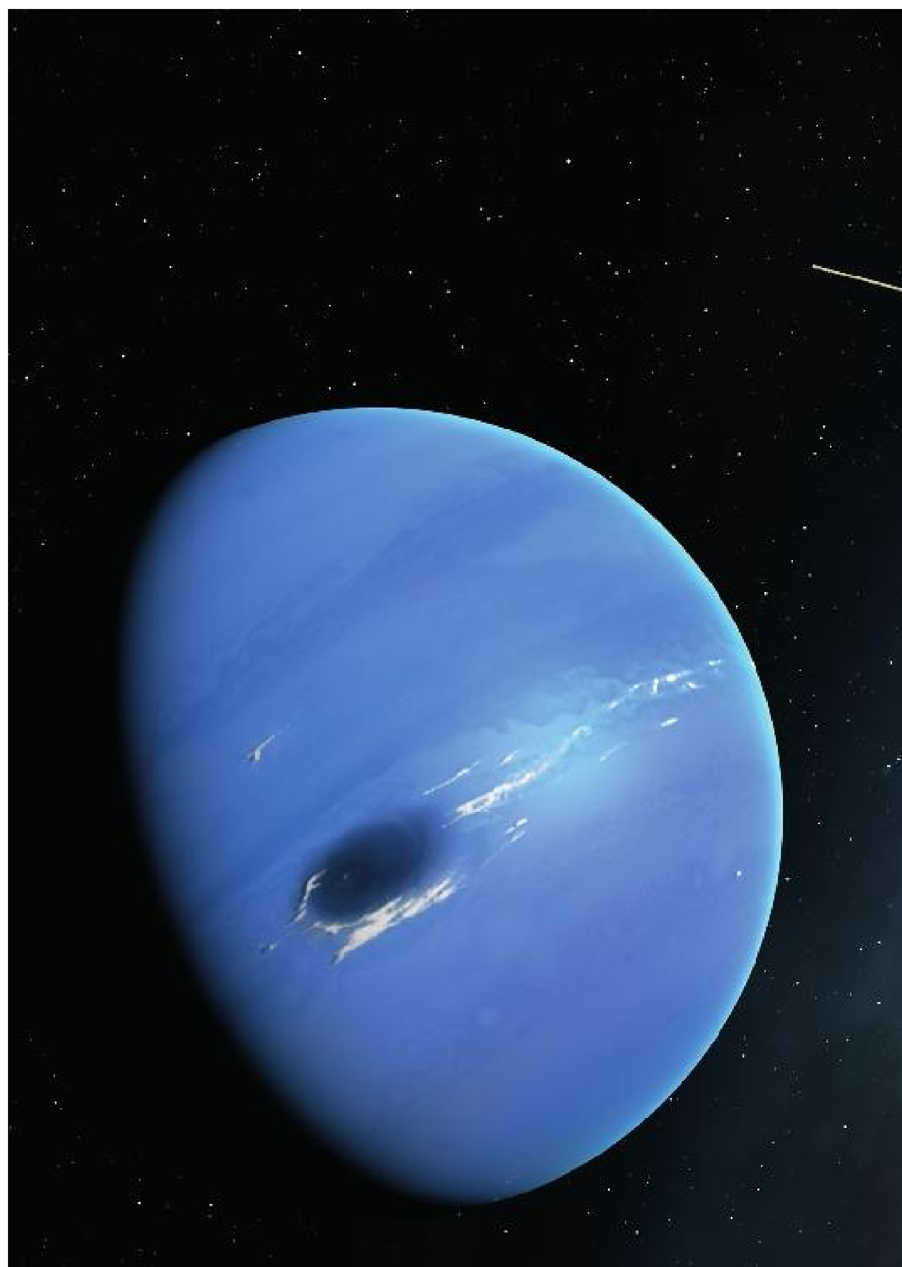
他希望旅行者号的“暗淡蓝点”图片是一幅地球被淹没在“星星的海洋”中的图片。他把这句话放在了旅行者号项目的提案中，并敦促他们拍照。我们在“暗淡蓝点”照片中并没有看到星星，但是我们在“地球微笑的那一天”中看到了星星。

暗淡蓝点

“再看看那个光点，就是在这里，这就是我们的家园。那就是我们，在那上面，有你爱的每一个人，你认识的每一个人，你所听说过的每一个人，每一个曾经存在的人……人类历史上的每一位圣人和罪人，都生活在那里——一粒悬浮在阳光中的微尘上。”

——卡尔·萨根，1994年

第三阶段未知的领域



旅行者2号在1989年和冰巨人海王星相遇的时候，向人类展示了海王星的第一个大特写。



旅行者2号继续前行，到达了地外巨行星天王星和海王星——这两个此前只有通过望远镜才能被看到的暗弱斑点。勇敢的航天器显示出它们与更近处的表亲明显不同：一个温和平静，另一个却有着比太阳系中其他任何天体都更为狂风肆虐的严寒地带。旅行者2号还探测到了以前

从未发现的行星环和新的卫星，在这两颗行星已经令人印象深刻的标签上又加上了几笔。与此同时，旅行者1号从行星公转的平面上驶离，人们希望它能到达日光层的边缘。在2012年它做到了，成了第一个进入星际空间的人造物体。

冰巨人的未知领域



旅行者2号在天王星上收集了大量的科学数据，然后在前往海王星之前拍摄到了这颗行星的新月形照片。

撰文：本·埃文斯

1986年1月和1989年8月，旅行者**2**号飞过了地外巨行星天王星和海王星，成为第一个到访过它们的航天器。在短暂的访问期间，人们发现这些几乎无法被太阳的温暖触及的酷寒世界和离它们较近的表亲一样神秘。



在旅行者2号访问之前，地面望远镜能拍摄到的天王星（左）和海王星（右）的最好图像。这些遥远世界在许多方面仍然是谜，其中包括围绕它们运转的卫星的数目。

也许是最棘手的

有一类探索就是研究这些我们几乎没有任何先验知识的天体的几乎没有什么可以确定的认识。1984年2月，几十名科学家聚集在加利福尼亚州的帕萨迪纳，思考人类对天王星和海王星所知的匮乏程度。这两颗巨行星位于我们这个行星系统的边缘，仅在两个世纪前才被发现。当旅行者2号驶向它们，准备开始进行人类的首次访问时，它们中的任何一个都没有更多的信息，仍然只是虚空中的模糊的斑点。

值得一游

前往天王星和海王星的愿望起源于NASA的“盛大的旅行”计划，但由于后来人们对木星和土星的关注，这部分任务被取消了。尽管如此，1976年，NASA批准将任务扩展至天王星，前提是将之前所有的主要目标全部达成才行。为了实现对距地球2.6×10^9千米远的天王星的探测，科学家们研制了一台改进了的红外探测器，但是当天王星探测任务正式启动的时候，预算被大大减少，人力也越来越少。

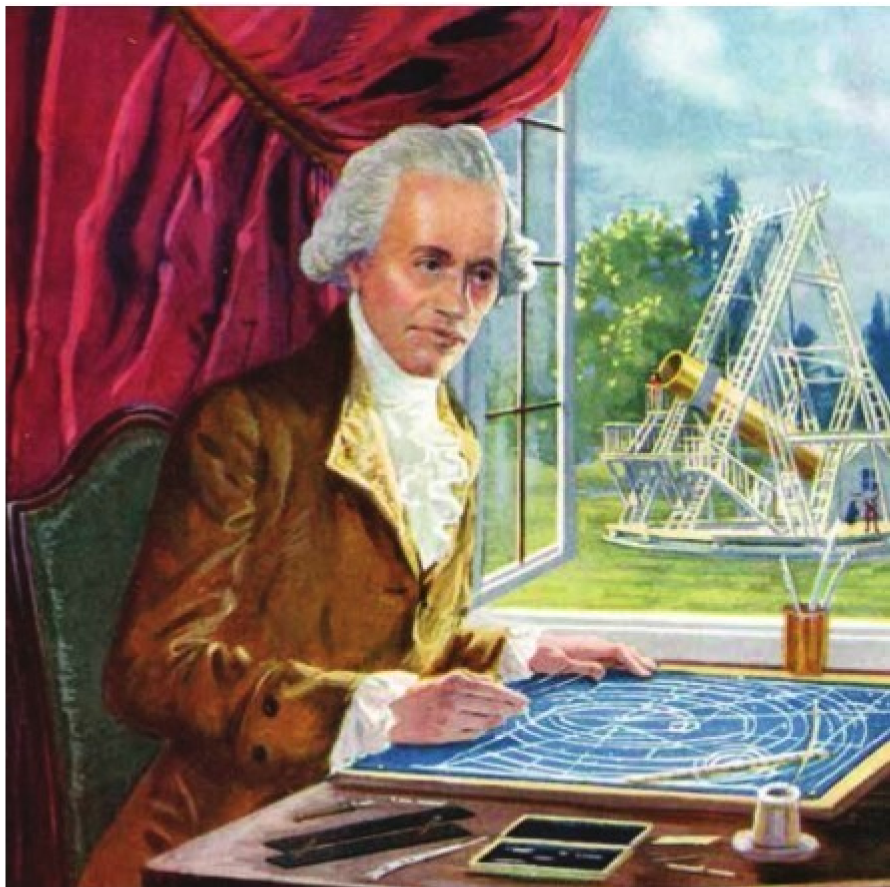
在那个时候，人们知道天王星拥有5颗卫星，它们分别以威廉·莎士比亚和亚历山大·蒲柏的作品中的人物命名。第一对卫星，天卫三泰坦尼亚和天卫四欧贝罗，在1787年由天王星的发现者，威廉·赫歇尔发现，天卫一艾瑞尔和天卫二乌姆布里埃尔由威廉·拉塞尔在1851年发现，而小一些的天卫五米兰达由杰拉德·柯伊伯在1948年发现认证。距天王星大约1.6×10^9千米处，海王星被海卫一崔顿和海卫二涅瑞伊得伴随，它们的

名字都与海神有关。在旅行者2号到达之前，地球上的仪器仅仅能刚好探测到它们。

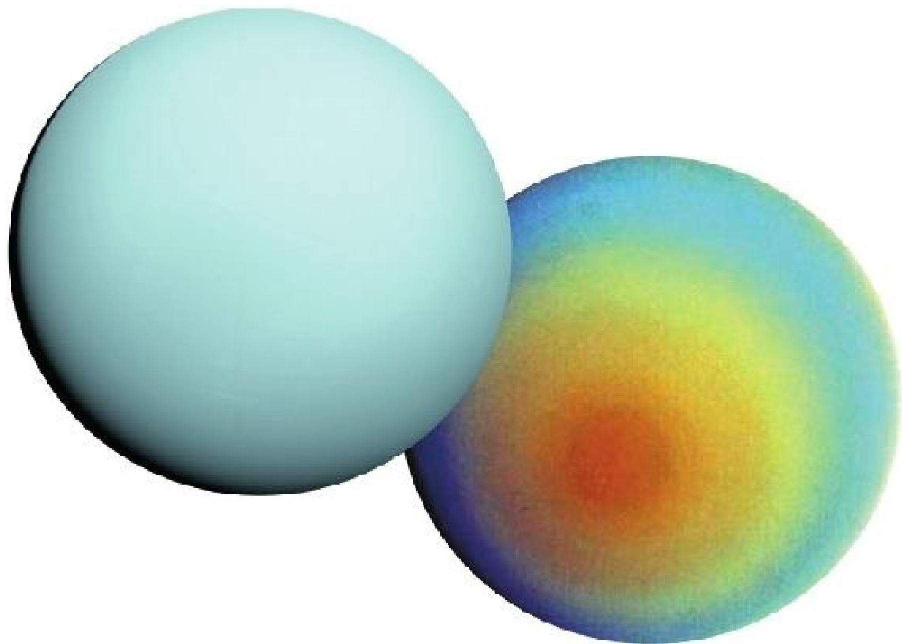
1781年天王星被发现。得益于约翰·伽勒、奥本·勒维耶和约翰·库奇·亚当斯的理论预测和望远镜的观测，1846年海王星被发现。在那之后，人类对这两颗行星都只有一些基础认识。我们知道它们的大小似乎相同，像双胞胎一样，赤道直径约5×10^4千米，比地球大4倍，质量则比地球大超过15倍。探测器证实氢和氦是它们的主要成分。天王星的朴素海蓝色和海王星更丰富的天空蓝也揭示出了氨、甲烷和硫化氢的存在。

数据采集

旅行者2号以6.4×10^4千米/小时的速度前进，在1986年1月24日对天王星进行了近距离的探测，观测时间仅有6小时。但是为了使这次探测的科学产出最大化，航天器从1985年11月到1986年2月对这颗行星进行了连续16周的监测。1989年6月至10月，航天器对海王星也采取了类似的行动。“我们对航天器在每一个时间点的空间位置都进行了预测。”旅行者号成像团队成员安德鲁·英格索尔回忆说，“我们告诉工程师们我们想要观察的纬度和经度，而他们命令摄像机进行拍照。这些命令必须事先制定出来，并提前好几周用无线电发送给航天器。”



威廉·赫歇尔在1781年找到了天王星，他还在1787年发现了它的第一批已知的卫星天卫三泰坦尼亚和天卫四欧贝罗。



旅行者2号拍摄的天王星的真彩色图像（左图）中的蓝绿色调表明它的大气层中存在甲烷。伪彩色图像（右图）显示出一个橙色斑点，可能是极点上方的浓密烟尘。

旅 行 者2号以6.4×10^4千米/小时的速度前行，进行天王星的最近距离观测的时间只有6小时。

由于天王星存在98度的轴向倾斜角，旅行者2号向这颗行星向阳的南极靠近，并定时拍摄影片来跟踪云的运动和风速。与木星和土星不同的是，在这颗行星上面并没有迹象能够表明风暴或纬向带存在，成像团队常常苦苦自嘲为“努力地在发挥想象的团队”。尽管如此，红外数据仍揭示出在高空碳氢化合物层下面存在云层，探测器的射电和紫外波段仪器则揭示了整个大气的温度分布非常均匀，大约为-216摄氏度。

理论认为，这种大气可能从云顶向下延伸超过3000千米，也许终止于一个混杂着水、氨和甲烷的海洋，而海洋则包围着一个地球大小的岩石核心。人们认为海王星上存在类似的情况。尽管旅行者2号无法证明这样的海洋存在，但它确实探测到了在行星磁场中由太阳风和电子之间的相互作用引起的射电信号。利用磁力仪它能够测量出天王星的一天是17.25小时，而海王星的一天是16.1小时。这一信息又反过来帮助科学家对行星表面风速进行估计。

黑暗的卫星

让人大吃一惊的是，天王星的磁场在朝向太阳的一面仅延伸了

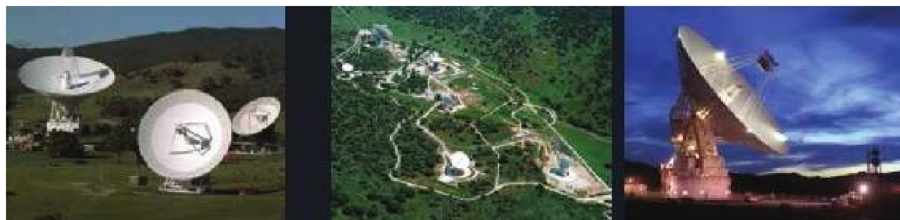
6×10^5千米，然后在行星外10^7千米处折返，整体看上去就像一个巨大的螺旋一样。对极光的紫外线观测表明，磁场相对它的自转轴倾斜了59度——这是一件很奇怪的事情，因为在地球上，它就相当于把我们的北磁极转到佛罗里达群岛的位置，并且以极高强度的能量辐射钻入行星表面。这一点在天王星的卫星表面上明显地表现出来。

天王星所有的5颗卫星都是黑黑的，这表明辐射在几千万年内破坏了它们表面的甲烷，使它们变黑，并留下一层厚厚的焦炭状的灰尘。天卫二乌姆布里埃尔是迄今为止发现的表面颜色最黑的一颗卫星，尽管它确实有几处明亮的区域，包括在赤道处的旺达陨石坑里的神秘“明亮圆环”。至于它的兄弟姐妹，最大的天卫三泰坦尼亚直径达到1580千米，表面有着巨大的断层和蜿蜒的峡谷，这表明其在过去有过强烈的地质构造活动。天卫四欧贝罗有着明亮和黑暗的区域，和我们的月球没什么不同，这些区域可能源于陨石的撞击，也许还有来自火山挤压的地下物质。



旅行者2号拍摄的天王星卫星表面的照片。天卫二乌姆布里埃尔（左图）的表面主要由撞击坑占据，而峡谷和断层线占据了天卫三泰坦尼亚的表面（中图）。天卫四欧贝罗（右图）的表面混合了新的和旧的物质，这表明上面存在某种形式的火山活动。

尽全力向旅行者号大喊



堪培拉（左图）、马德里（中图）和加利福尼亚（右图）的巨型射电望远镜阵列联合组成NASA的深空网络。

太阳系外围巨行星天王星和海王星在土星以外数十亿千米的轨道上

运行，坐落在太阳系的一个阴暗区域。旅行者2号所要考察的世界，那里的正午比地球上的黄昏还要黑暗。一位科学家把这个问题比作要拍摄仅由一个灯泡照明下的圣诞树脚边的一堆黑炭块一样难。

稳定是至关重要的，但是即使是打开和关闭磁带录音机也足以给旅行者2号的拍摄带来破坏性的“点头”效应。它的陀螺仪可以使仪器保持足够的稳定，但是工程师必须将推进器点火的持续时间减半，以使航天器在进行操作后得以稳定下来。对海王星而言，需要96秒的更长的曝光时间，同时要求推进器在4毫秒内实现点火。图像运动补偿可以使旅行者2号分辨更精细的细节，但需要剔除恼人的光学缺陷，包括透镜上的灰尘。

回到地球，为了能够增强地球与旅行者2号间的微弱通信信号，构成NASA深空网络的3个跟踪站（位于澳大利亚的堪培拉，西班牙马德里西部的偏远山麓，以及加利福尼亚的莫哈韦沙漠）进行了花费达1亿美元的升级改造。到1986年1月的时候，旅行者2号的信号是手表电池的十亿分之一。所有3个站都为这次造访天王星的任务增加了64米的天线，并且实现了电子同步，以进一步增强信号强度。为了海王星任务，这些天线又进一步升级，直径增加至70米，同时另外两个跟踪站，日本站和新墨西哥站也被加入进来。

在1985年至1986年的冬天这段时间里，由于天王星在天空中的位置，堪培拉是主要的跟踪站，每天跟踪旅行者号长达12小时，下行传输速率达到2.16×10^4比特/秒。作为后援，在该跟踪站还建立了和新南威尔士的帕克斯射电望远镜的一个400千米的微波连接，将信号增强了25%，这样就能够每天额外返回最多50张的照片。



1989年，位于加利福尼亚州高德斯通的DSS-14天线从64米升级改造为70米，以帮助它接收来自旅行者2号的微弱信号。



天卫一艾瑞尔表面的山脊和山谷。

天卫五米兰达和天卫一艾瑞尔是旅行者2号这次行动中最受关注的两颗卫星，后者是天王星最明亮的卫星。在该卫星表面有着一个古老、被陨石严重撞击过的区域。这个区域有着起伏的平原，相距几十千米的平行的脊和槽。在飞往海王星的航线上，旅行者号以离这几颗卫星最近的距离飞掠了直径不到500千米的米兰达。

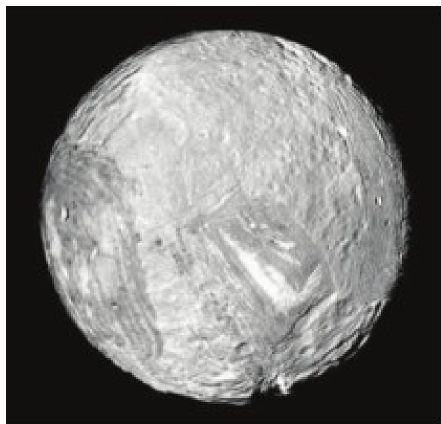
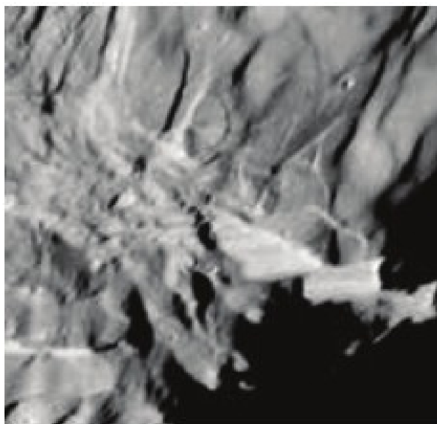
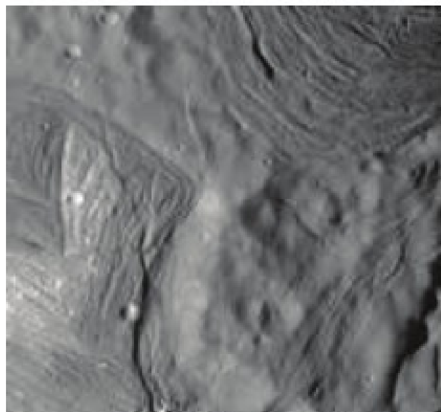
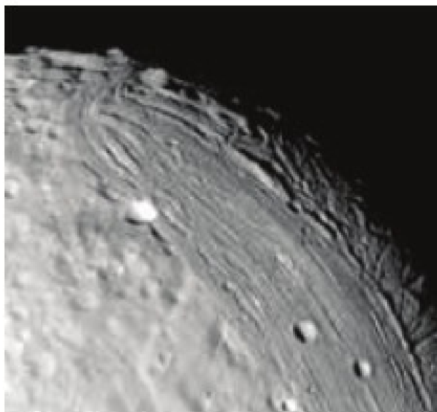
旅行者2号所拍摄的证据确凿无疑地表明，长达数十亿年的撞击曾

将米兰达撕裂，然后又把它敲回到一起，这一系列的撞击凿出了20千米深的峡谷，至少3个巨大的椭圆形冕状物和包含了古老的和年轻的、明亮的和黑暗的、浅的和重度凹陷的各种地形组成的宽阔台阶。其中一个区域，200千米宽的因弗内斯冕冠在黑暗的岩层之间显示出明亮的V形图案特征，它有可能是米兰达原始地壳在重新聚合时顶出地表所导致的。

新卫星

旅行者2号还发现了10颗新的卫星，从直径160千米的天卫十五普克到只有普克的大约1/8大小的天卫六科迪莉亚。运行轨道、表面颜色相似并且有着细长形状的一小群卫星被归类为“波西娅组”（以其最大成员天卫十二波西娅的名字命名）。还有一个天体也被探测器拍摄到，但直到1999年它才被确认为是一颗卫星。它被恰如其分地命名为“珀迪塔”（天卫二十五），在拉丁语中是“遗失”的意思。

我们在土星上看到过的那些对保持环结构起到重要作用的牧羊犬卫星在天王星的环中也被观测到。20世纪70年代，地面观测者在天王星周围观测到了几个窄环，但旅行者2号还发现了另一对新环。航天器发现，这对不完整新环的结构相对来说没那么稳定，尽管明亮的“ε环”最宽处可达96千米。

天卫五米兰达的悬崖、峡谷和陨石坑（右图），表明它可能曾经粉碎过，然后又重新聚合到一起。因弗内斯冠呈现出明亮的“对勾形”（上图）。

人们预测天王星有着多达18颗牧羊犬卫星，但目前真正被探测到的仅有两颗——天卫六科迪莉亚和天卫七奥菲莉娅，它们横跨并束缚着ε环的内边缘和外边缘。暗淡的环表明这些环极度年轻，科学家推测其大概不到6亿岁。来自旅行者2号的光偏振计和其他仪器的数据显示这些行星环非常薄是如此锐利，其中ε环的厚度甚至不超过150米。

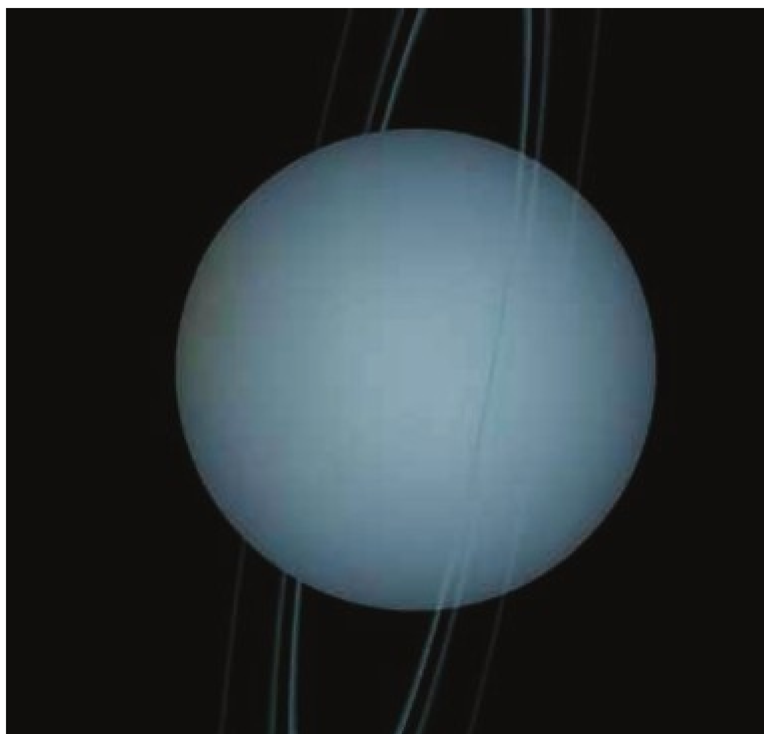
靶心星球

天王星在太阳系中是独一无二的，这是因为它的自转轴有着高达98度的异常轴向倾斜角——天王星呈现给观察者的是一个倾斜的世界。它的极点位于赤道应该在的位置，并接收着相对应的更多的太阳光。天王星在距太阳2.8×10^9千米远的地方，每84年绕太阳一圈。它的两个极点有节奏地被相继照亮，然后每40年重返一片寒冷的黑暗之中。

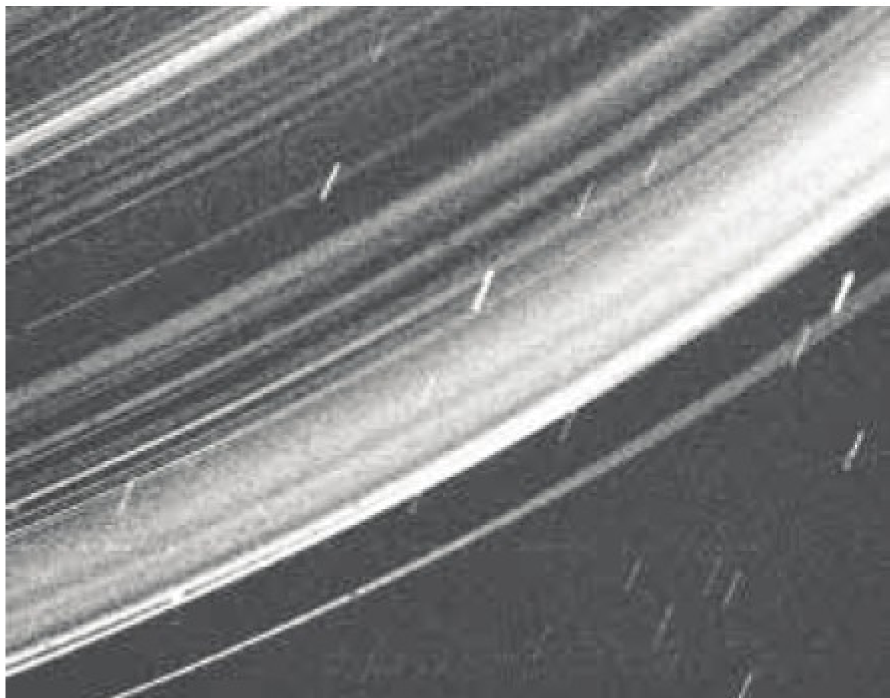
当旅行者2号观测到这颗行星时，它的南极正在被阳光直射。天王星的5个主要卫星在其赤道平面内围绕它们的巨型主星运行。在卫星们

以南的半球，在1986年1月的时候是夏季，而它们的北面则进入了长达21年的冬季。

天王星的轴向倾斜是如何产生的，这一点仍然是个谜。有观点认为这是由于它和地球差不多大小的天体发生过一次撞击而导致的。卫星们在赤道平面内绕转运行，意味着它们是很久之后才形成的，有可能是由于这次撞击产生的碎片进入轨道而形成。此外，天王星几乎不向太空辐射任何热量——它的温度低至-224摄氏度，使它拥有太阳系中最冷的行星大气，而且有可能的是，无论是什么物体撞击了这颗行星，它最开始产生的大部分的热量都已经被释放殆尽。



天王星自转轴相对于公转平面有98度的倾斜角，这与太阳系中的其他行星不同。



在这个天王星环的“特写”中可以看到尘埃粒子带。这张照片是从距离天王星2.36×10^5千米的地方拍摄的。

“由于地面研究表明不完整的‘弧形’可能在海王星附近存在，所以大家都非常期待能够亲眼见到海王星的环。”

由于1968年和20世纪80年代早期之间的地面研究表明在海王星附近可能存在不完整的“弧形”，所以一直以来人们都非常期待能够亲眼见到海王星的环。许多理论认为，这类弧是由于受到小尺寸的牧羊犬卫星的影响而被固定在相应位置，或者它们也可能是正在形成过程中的新的行星环。直到旅行者2号到达的两周之前，它们的真面目才被揭开。一对不完整的弧被发现并被观测到，它们受到来自3颗牧羊犬卫星海卫六加拉提亚、海卫七拉丽莎和海卫五德斯皮娜的影响。

环的创建

随着探测器越来越接近海王星，科学家们在行星周围发现了越来越多的环。它们不均匀地“成团”和不规则分布的粒子对长期以来人们报以怀疑的弧理论给出了初步的解释。事实上，海王星最外层的“亚当斯”环里面的几团物质，宽度甚至长达50千米。有人认为，来自很早以前卫星的碎片可能促成了这种不均匀的质量分布，而一对微小卫星——海卫四塔拉萨和海卫三那伊阿得，有一天可能也会被撕裂，继而被并入系统。

旅行者2号证实了海王星6颗新卫星的存在，其中包括土豆形状的布满陨石坑的海卫八普洛特斯，它们的大小应该足以在重力的作用下最终演变为球形。航天器还看到了海卫二涅瑞伊得。这颗卫星由杰拉德·柯伊伯在1949年发现，它有着一个偏心轨道。但是，由于航天器距离它有4.7×10^6千米，仍然太远，难以分辨出任何它的表面细节，更不用说它的旋转特性。



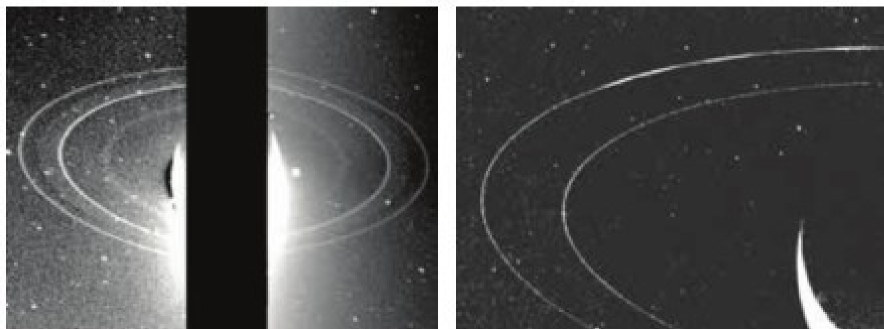
探测发现，海王星上风暴肆虐。它上面有着一个“大黑斑”和猛烈的风。

在发现任何行星环之前，人们希望旅行者2号能在距海王星最大的卫星海卫一崔顿10^4千米的范围内飞行。地面的观测已经表明崔顿的表面有氮冰存在。为了避免与环上的粒子发生碰撞，航天器的轨道被改为在海王星的北极以上4950千米处。这是由旅行者号完成的最接近目标的飞掠。这次飞掠是在1989年8月25日完成的。然后在5小时后，旅行者2号南下，在距离崔顿不到3.98×10^4千米的地方飞掠。

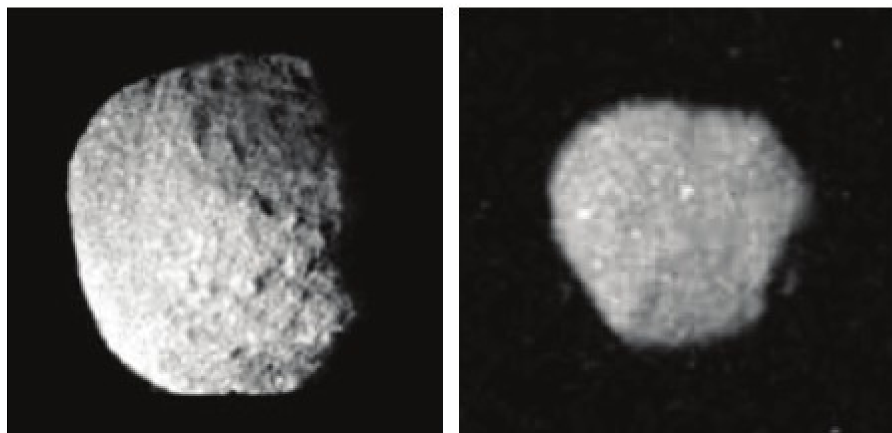
崔顿在高度倾斜的“逆行”轨道上环绕海王星。它的尺寸比预计的要小，直径只有2700千米。星掩源使旅行者2号得以测量其800千米深的大气，一直到它的表面。它的表面是太阳系中已知最冷的地方，温度只

有- 236摄氏度。事实上，崔顿上的气体和微粒的稀薄混合体基本上是真空的，仅仅刚能支撑海拔13千米高度处的稀薄氮冰云和霾。

旅行者2号的观测结果强烈暗示着，这些成分来源于表面冰的蒸发，而风将灰尘颗粒输送到其地面以上50千米处。崔顿是太阳系中光谱最为多样的天体，反射超过85%的入射光——比我们的月球高出8倍，并且这种极高的亮度也是威廉·拉塞尔在发现海王星之后几个星期的1846年10月很快便能发现如此微小的遥远天体的一个关键因素。



旅行者2号显示，海王星被好几圈完整的环所围绕（左图），它们是由不均匀的尘埃“团块”（右图）形成的。



海卫八普洛特斯（左图）是旅行者2号发现的新卫星之一，直径为400千米。普洛特斯比海卫二涅瑞伊得（右图）大，后者自1949年以来就已经为人所知。

冻融效应

旅行者号航天器拍摄了崔顿1/3的表面，这些照片揭示了卫星表面一种绿色的被称为“哈密瓜”的风景，因为它的表面与有着鳞片状瓜皮的甜瓜相似。它上面那些纵横交错的圆形凹陷，每一个直径大约都是25千米，其间相互连接的山脊被认为是融化后再冻结的结果。这支持了崔顿

是被捕获的柯伊伯带的天体的说法。海王星引力引起的潮汐加热使其内部保持流体状态达10亿年，从而支撑了这些复杂的内部反应过程。

“布满海卫一崔顿南极区域的黑色条纹表明，火山活动在这里曾经是司空见惯的”。

旅行者2号还揭示出一个粉红色的南极极地帽，由甲烷、氮和水冰组成。正是在极地帽内，可以产生适度的温室效应，迫使这颗星球上的冰块“脱气”并形成压力，然后引发崔顿上最令人惊奇的发现之一：喷发的间歇泉。

截至1989年8月，只有地球和木星的卫星艾奥才被人们认为拥有活跃的火山活动，但是在崔顿的南极极地上的黑色条纹表明这种现象曾经是司空见惯的，即使它在太阳系的这个遥远角落。旅行者2号观察到一个间歇泉将碳质物质抛向几千米的高度，而同时进行其他测量将当地风速锁定在54千米/小时，和地球上的一个中等强度的大风一样强。

有着狂野天气的世界

海王星距它的母恒星4.5×10^9千米，接收到的太阳光只有黑暗的天王星的一半，温度低达-218摄氏度，原则上应该是一个沉寂的世界。然而，旅行者2号揭示出，它是惊人地充满活力的，旅行者2号在南纬22度观测到一个椭圆形大黑斑。这个逆时针旋转的大涡旋与木星的大红斑有许多不可思议的相似之处，包括在大气中的相对大小、运动和位置等特点。

随着航天器越来越近，它又发现了第二个较小的黑斑。还有一个V形的向西移动的云，在海王星大气层上以16小时为周期快速移动让它有了“滑板车”的绰号。大黑斑与它的名字保持一致，比它周围的环境暗10%，它以1100千米/小时的速度在大气中向北推进。在它的边缘是一个盘旋的、形状变化的“明亮伴侣”云。该黑斑位于海王星的主要云层下方50千米处，同伴在海拔稍高的地方，与地球上的透镜状云类似。

天空蓝色大气的其他地方有卷云状的甲烷冰云，在北纬低纬度地方的海王星云层上投射出数十千米长的阴影。在这样一颗寒冷的行星上，思考这种狂野的天气是如何形成的，一定与它的更高密度的内部联系在一起，而且它发出的热量是接收的入射太阳光的2.6倍。有人指出，海王星内部的热量和冷的大气之间的温差可能触发不稳定性，并导致大规模的气象活动。



近距离看狂暴的海王星：它的大黑斑、较小的黑斑、“滑板车”云、卷云状甲烷冰云。



旅行者2号在向太阳系边缘前进之前拍摄了最后一张海王星的照片。

为这些发现提供背景的是壮丽的海王星本身，它与天王星的外表相似，却内藏了一个更加活跃的世界。尽管它距太阳更远，红外数据却显示它辐射的热量是入射到天王星的光的2.6倍，并且虽然这对近似双胞胎的行星被认为有相似的成分，但是海王星质量更大一点，这就会影响它的磁场和内热。一个行星科学家感叹道：“旅行者2号是历史上唯一一个造访了4颗行星的航天器时，这个离开太阳系的方式多么雄壮！”





间歇升起的深色沉积物在崔顿南极极地的粉红色甲烷冰上形成条纹。

旅行者号的声音 邦妮·布拉蒂

邦妮·布拉蒂的传奇故事已经通过**NASA**的卡西尼、新视野和罗塞塔项目被我们了解了。实际上，她的职业生涯是从旅行者号开始的，并且她清楚地记得等待飞掠天王星和海王星时自己的紧张和兴奋之情。

采访：伊恩·托德



在完成博士学位的过程中，我开始研究旅行者号的数据。

我的导师，乔·维弗卡，当时是旅行者号成像小组的成员。他给了我一个题目，定量地研究从木星和土星的一些冰冷的卫星上发出的光。这是我负责的第一个大型研究项目。当我来到NASA的喷气推进实验室（JPL）时，我继续在旅行者号项目中工作。但在那个阶段，我与光偏振仪团队合作，并开始专注于分析来自天王星和海王星的数据。

我的工作是竭尽所能地从数据中提取更多的科研结果。

在做研究、创造新知识的时候，我们面前并没有什么可以遵循的范本样例。

那时我们还没有个人电脑，而我们的电脑也没有内置的数据分析程序。

从很多方面来说，那时我们和数据有着更密切的关系。每天从我的小公寓到康奈尔之后，我要工作大约14小时。那时我没有孩子，所以我从早到晚都在工作！这对于研究生来说是非常典型的状态。

在旅行者号与行星相遇的过程中，你基本上是7×24小时的工作。

我们在1986年收到天王星的数据，在1989年收到海王星的数据。当数据一到达，你只有日夜不停地工作。卡西尼项目也是这样，尤其是在开始的时候。

当我在旅行者项目工作时，我会收到图像，然后开始研究它们，试图了解光是如何从行星表面散射出来的。

我会创建模型，这样我们就能知道真正发生了什么。我每天都这么做，直到在JPL工作的时候仍保持这个习惯。在早期阶段，我并没有参与任何实验的设计。在我后来的职业生涯中，我更深入地参与了这方面的工作。那个时候，你必须弄清楚航天器飞向的位置、你可以得到多少数据，以及如何有效协调航天器上的各种观测仪器。

我们接收的数据是数字。

我们接收到的数据基本上就是一大堆0和1，然后我们要经过很多计算过程来解码这些数据。数据首先传到JPL的深空网络，然后通过计算机算法，被转化为数字图像。比如，对卡西尼项目而言，成像相机捕捉的照片大约1000×1000像素，也就是100万像素，每个像素都有一个与之相关的数字，告诉你它有多亮。然后它们通过计算机变成图像。

计算机真的改变了今天的任务执行方式。

当我在旅行者项目工作时，所有的事情都是通过电话完成的，你必须复印所有的东西，然后把它寄给别人，而现在我们把所有的东西都放在一个网站上。现在我们可以更有效率地完成更多的工作。当你看到卡西尼号数量惊人的飞掠和相遇时，你会发现这些任务的数量是以前的100倍以上。在旅行者号和土星相遇期间，我们对土卫二恩克拉多斯进行了一次飞掠，而在与卡西尼号的相遇中，我们共进行了22次飞掠，其中5次对土卫四狄俄涅，几次对其他所有的主要卫星。



1989年8月25日，JPL的科学家聚集在一起，期待着旅行者号接近海王星。

“数据需要几个小时才能从这些遥远的行星到达地球。在这段时间里，你只能坐在那里，焦急地等待，心神不宁。”

我在这两个项目中所学到的是，虽然你已经来过这个地方一次，但是并不意味着你已经发现了一切……

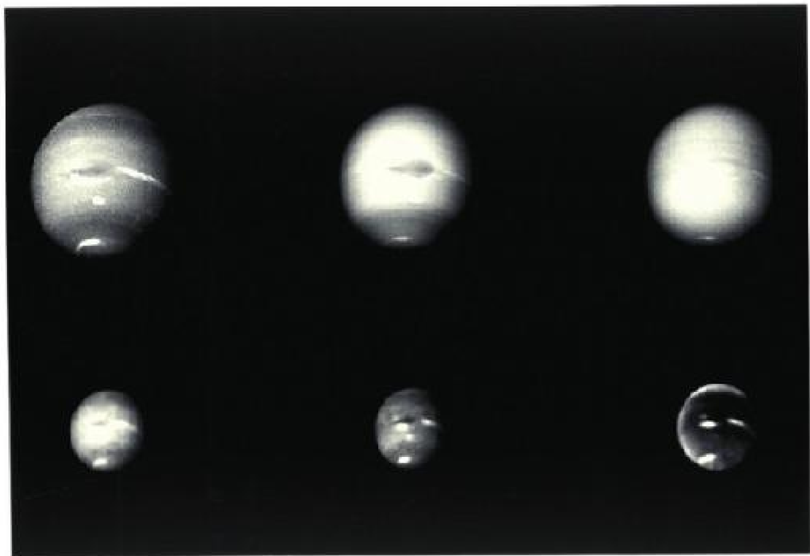
甚至你可能还没发现最重要的东西。在旅行者号项目中，我们就漏掉了土卫二恩克拉多斯表面的活动，也没有发现土卫六泰坦上的湖泊。

当我们等待天王星和海王星的数据到达的时候，一切都存在着很大的悬念。

无论如何，这次相遇任务总是存在没有成功的可能性，因为光的旅行需要一段时间，数据需要几小时才能从这些遥远的行星到达地球。在这段时间里，你只能坐在那里，焦急地等待，心神不宁。而当数据到达之后，需要一段时间来把图像组合到一起。但是后来你意识到，你看到的是人类以前从未见过的东西，这会让你感到付出的所有辛苦都是值得的。

对我来说，最棒的发现是在海卫一崔顿上至少有3条活跃的羽流。

崔顿是海王星最大的卫星，很可能是一个被海王星引力所捕获的柯伊伯带天体。它有着巨大的极地帽。我们认为这个巨大的极地帽是季节性的，在这顶帽子上我们看到了所有羽流沉积物和3个活跃的气体羽流被排放到崔顿稀薄的大气中。



旅行者号拍摄的海王星照片变成了出版的印刷品。

“我们是首批观察天王星和海王星的人，也是第一批近距离看到土星和木星的卫星的人。”

然后还有海王星的“滑板车”云，以及一个类似于木星大红斑的黑斑。

让我们惊奇的是，离太阳如此遥远的天体仍然可以是非常活跃的。这里几乎没有阳光，但是我们仍然可以看到气象系统和对流单体。海王星似乎是一个非常活跃的天体。

天王星的卫星在过去似乎一直是活跃的。

天卫二乌姆布里埃尔的表面被一层神秘的深色尘土覆盖着。当我们观察天卫五米兰达的时候，它看起来像是被破坏过，又再次聚合在一起。许多卫星上还有断层。所有这些在此前都不为人所知，而我们是第一批看到它们的人类。意识到我们看到了一些前所未见的东西，这是让人特别兴奋的事情。这些卫星向我们展示了比我们预期的更多的内容，它们不仅仅是我们期望在那里发现的布满陨石坑的物体。

旅行者号将作为一个成功的太空探索项目，连同它们所创造的一系列第一被载入史册。

我们是首批观察天王星和海王星的人，也是第一批近距离看到土星和木星的卫星的人。最令人惊奇的发现之一是在地球以外的木星的卫星艾奥上观测到了火山活动。此前天文学家们发现，当艾奥从木星的阴影中出来时，它似乎变亮了。科学家们搞不懂为什么会这样。现在我们知道可能是由于大气中的一些二氧化硫在艾奥表面凝结了。就在旅行者号和木星相遇事件发生的几天之前，斯坦顿·皮尔和他的同事写了一篇论文，预测了火山的存在。而当我们到达那里时，瞧瞧，我们还真看到了活火山正在喷出二氧化硫。

琳达·莫拉比托在艾奥上发现了火山之后，埃德·斯通说得最好。

他说：“这是一项伟大的任务。”我认为这总结了所有参与其中的科学家们的想法，我们在创造历史。每一次飞掠任务都产生一张能占据各大报纸头版头条的照片。

要知道，这是在互联网时代和24小时新闻周期之前。

我们必须把所有的图片印刷出来。你不能将它们放到你的网站上，因为那时没有网页。那是一个非常不同于现在的世界，所有事情都进展得慢很多。但是，哇！人们感兴趣了！今天他们仍然如此，但现在是在社交媒体上。

天王星和海王星值得后续项目的跟进。

我们在NASA的巨大限制是资金。如果我们有无限的资金，我们每一年都会前往每颗行星执行新的任务。目前科学家正在进行一个关于天王星的研究项目——计划发射航天器重返那里并环绕它运行。在完成侦测任务后，下一步计划通常需要再发送一个轨道器。我们也在考虑向冥王星和海王星发射轨道器。

和卡西尼号不同的是，我们永远也不需要摧毁旅行者号。

卡西尼号的情况是，我们必须以保护行星的名义放弃航天器，因为我们已经发现，在土星的卫星土卫二恩克拉多斯冰冻外壳下的咸水海洋可能是一个适宜居住的环境，可能有液态水、某种能源、某种食物来源（通常是某种有机分子），我们必须保护那样的环境，防止该环境受到航天器的污染。

对于旅行者号来说，我们不用面对这个境况，所以我们将继续倾听它的声音，直到我们再也听不到为止。有两方面原因可能造成我们再也无法接收到旅行者的信号：一方面是信号太弱，深空网络无法分辨；或者它们的发电机最终耗尽电量，无法再发送信号。但我们会尽可能延长

时间倾听来自它们的声音。

我认为旅行者号是我参与过的最非凡的项目。

探索是人类的本性，我们的基因让我们想知道山的另一边是什么。这是一次伟大的发现之旅。这是让人类成为人类的原因。我认为卡尔·萨根赋予了它很多人性的东西。有很多超凡的人参与了这个项目，我的导师乔·维弗卡就是其中之一。他相当有魅力，而在这个项目上有很多这样的人。我想正是这些才让这个项目如此让人兴奋。



在20世纪70年代和80年代，NASA的JPL的计算和数据存储还依赖于磁带。

太阳系的全家福

1990年的情人节，旅行者**1**号回望家乡拍下了这组著名的照片。

撰文：保罗·萨瑟兰

到1990年时，旅行者1号正朝着太阳系边缘前进，速度接近 6.5×10^4千米/小时。在它与木星和土星成功相遇之后，它曾经拍摄了我们的家园——地球—在银河系中的肖像照，包括那张著名的被称为“暗淡蓝点”的地球的标志性照片。

2月14日，旅行者号离地球已经将近 6×10^9千米，远离海王星和冥王星的轨道。它再次转过身来“凝视着”它即将远离的世界，为我们拍摄了一组此前从未见过的景象。旅行者1号收集了60张图像——这是由旅行者号所拍摄的最后一组照片。这组照片需要3个月的时间才能传送回家，这是送给我们的行星邻居的一个情人节礼物。

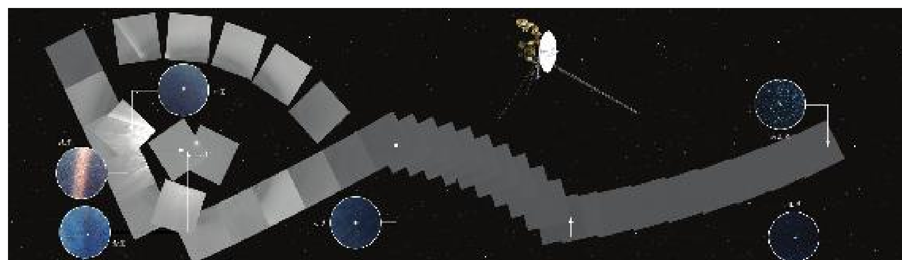
这些照片分别在3月、4月和5月被一一传回。当把它们组合在一起后，我们看到了6颗行星的快照。这其中包括了地球，作为一个微小的斑点，在相机的光学系统内它被捕获在一束阳光的反射光线中。水星在太阳的耀眼光芒下消失不见了，而火星以及当时仍然被视为行星的冥王星，因为太小而没有在照片里显现出来。天王星和海王星看起来很模糊，是因为在曝光过程中它们一直在移动。

伟大的思想

拍摄这张全家福的想法来自两个人，天文学家与科学普及者卡尔·萨根和卡洛琳·波柯。波柯那时是来自亚利桑那大学的旅行者号小组的一名年轻成员。但是他们遭到了来自帕萨迪纳NASA的JPL任务管理者的反对，因为他们并不觉得这样做有任何意义，并且担心这样会损坏旅行者1号。

“1983年10月，我加入了旅行者计划后不久，就开始倡导让旅行者1号转过身去拍摄地球和所有其他行星的照片。我认为这将是一个壮观的‘我们在这里’的视角，帮助我们看我们的世界在宇宙中的位置，”波柯说道，“JPL的任务管理者看着我，就像我疯了一样，他们认为这样做没有科学意义，因为所有这些物体在图像中也就只能占据一个像素的大

小，甚至更小，而工程师们不想浪费资源去做一个无用的观察任务。几年后，我得知卡尔·萨根也提出过类似的拍摄这个‘太阳系全家福’的提议，但出于同样的原因，他也得到了同样的回应。我和他讨论了这件事，我们决定联合起来行动”。



旅行者1号的著名“全家福”捕捉到太阳系的六大行星，只有水星和火星不在其中。图片由单独的镜头组成，因为为了得到尽可能多的细节，它们是通过不同的曝光和通过各种滤光器得到的。

“旅行者1号收集了60张图像——这是由旅行者号所拍摄的最后一组照片。这组照片需要3个月的时间才能传送回家，这是送给我们的行星邻居的一个情人节礼物。”

萨根去找最高层的领导，说服NASA局长理查德·特鲁利同意关于这张照片的提议，而波柯与JPL的坎迪·汉森合作，促成这件事得以实现。旅行者1号之所以被选中，是因为它能避开太阳的强光而拍摄到木星。

波柯解释道：“我和汉森一起设计了观测方案。她当时负责执行旅行者号成像小组的图像序列。她研究执行了把航天器从一颗行星转向另一颗行星的命令。”

“我的工作是弄清楚曝光时间需要有多长。信不信由你，最大的挑战是弄清楚如何正确地对地球进行曝光。此前没有人进行过这种类型的观测，因此我们不确定地球到底有多亮。”

回头看

如上面的图所显示的，组合起来的图片乍一看是很奇怪的。它不是一整幅连续的全景图，而是一张张非常独立的图像组合而成的，每一幅都显示着各自的细节。

从很多方面来说，这个拍摄任务都违背了常识，这就好像把望远镜装反了一样。太空探测器的目的是拉近我们与未被探索的世界的距离。相反，我们最了解的世界——我们自己的世界，在这张“全家福”中接近于隐形，在镜头中占据不到一像素。但当我们从约6.0×10^9千米的距离处看向它，地球脆弱而微小，悬浮在无限的空虚空间中。

萨根把地球称为“暗淡蓝点”。后来在一本同名著作中，他写道：“再看看那个光点，就是在这里，这就是我们的家园。那就是我们，在那上面，有你爱的每一个人，你认识的每一个人，你所听说过的每一个人，每一个曾经存在过的人，在那里生存并生活着”。

在旅行者号发射40周年的日子里，“全家福”和“暗淡蓝点”仍然保有它们的力量，让人们清楚意识到宇宙未知空间的广阔。



左图是卡尔·萨根，他和卡洛琳·波柯合作，说服NASA利用旅行者1号拍摄了太阳系的“全家福”。

再见，太阳系

撰文：本·斯丘斯

旅行者号已经将太阳系中的地外行星甩在身后，它早已完成了项目工作人员对它们的所有期望。当它们飞向未知领域时，一个新的挑战出现了：航天器能否让我们第一次领略星际空间的样子？

“NASA知道，旅行者号将是第一个飞离太阳的影响范围的人造物体。”

在1990年情人节那天，旅行者1号所拍摄的“暗淡蓝点”和“全家福”图像是这一项目中最具代表性的成果之一。它们突出了我们的家园在浩瀚太空中的渺小。但它们也代表了一个时刻。在这一时刻，旅行者号结束了对行星的探索，一个新的冒险就此展开：它们将驶入星际空间。

在拍摄完首张“全家福”之后，两个航天器都“失明”了。它们的相机被永久关闭，以节省电力和存储空间，留给那些研究远离太阳控制范围的黑暗环境所需要的设备使用。

20世纪60年代末，当旅行者项目开始筹划的时候，之前最长的行星项目持续了不到3年半。因此，一个生命周期长到可以执行星际空间任务的航天器对NASA建造航天器的工程师来说就像个白日梦。然而，到1990年年初，旅行者1号距离太阳约6×10^9千米（40天文单位），而旅行者2号虽然稍微近了一点，仍然在相当远的距离，达到4.6×10^9千米（31天文单位）。

它们的飞行速度比当时处于更遥远位置的先驱号快得多，所以NASA知道，旅行者号将是第一个飞离太阳的影响范围的人造物体。这样它们将为我们首次提供研究太阳系外部环境的机会，因此旅行者星际任务（VIM）诞生了。

遥远的距离

太阳的影响远远超出大行星。当两个旅行者号航天器开始它们的星际任务时，它们还在太阳磁场和太阳风的影响范围内。太阳风是从太阳大气中释放出的“一阵阵”的亚原子等离子体粒子。



旅行者1号是飞行距离最远的人造物体，它正在探索一个之前没有地球使者到达的太空区域。

太阳气泡的边缘

旅行者星际任务的第一阶段持续了10多年，在此期间先驱者11号任务结束了（它的最后一次信号传输是在1995年）。旅行者1号成功超越先驱者10号，成为距离太阳最远的人造物体（在1998年）。

尽管每年大约要前进3天文单位，旅行者号的旅程却几乎没有发生什么变化，直到2002年中期，旅行者1号（当时距离太阳85天文单位）开始探测到高能离子和电子。这些粒子表明探测器已经接近被称为终端激波的区域。在这个区域，太阳风粒子在撞击到星际介质时突然减速并聚集在一起。

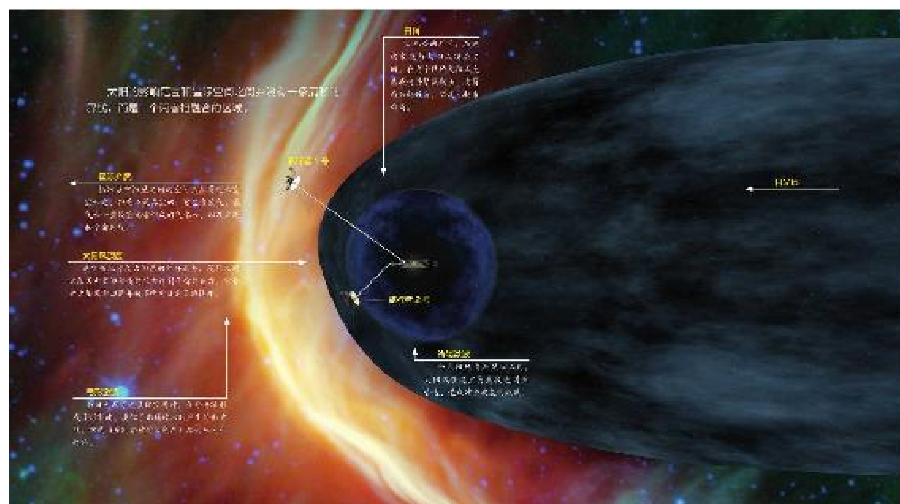
不幸的是，这一点很难被证实，因为旅行者1号的等离子体探测器（最适合测量太阳风的仪器）在1980年和土星相遇的时候已经停止工作。因此，VIM团队不得不通过使用其他仪器来推断旅行者号是否已经到达终端激波。

可能的证实

在接下来的两年半时间里，VIM团队艰苦地通过随着航天器不断前进间接测量的方法探测太阳风的粒子。正是有了他们的努力，人们得以获知太阳风的强度稳步上升，直到2004年12月，在旅行者1号获取的数据中突然出现一个持续不断的大尖峰。航天器此时距离太阳94天文单位，但数据的强度等于它在1982年距离太阳只有15天文单位时的强度。

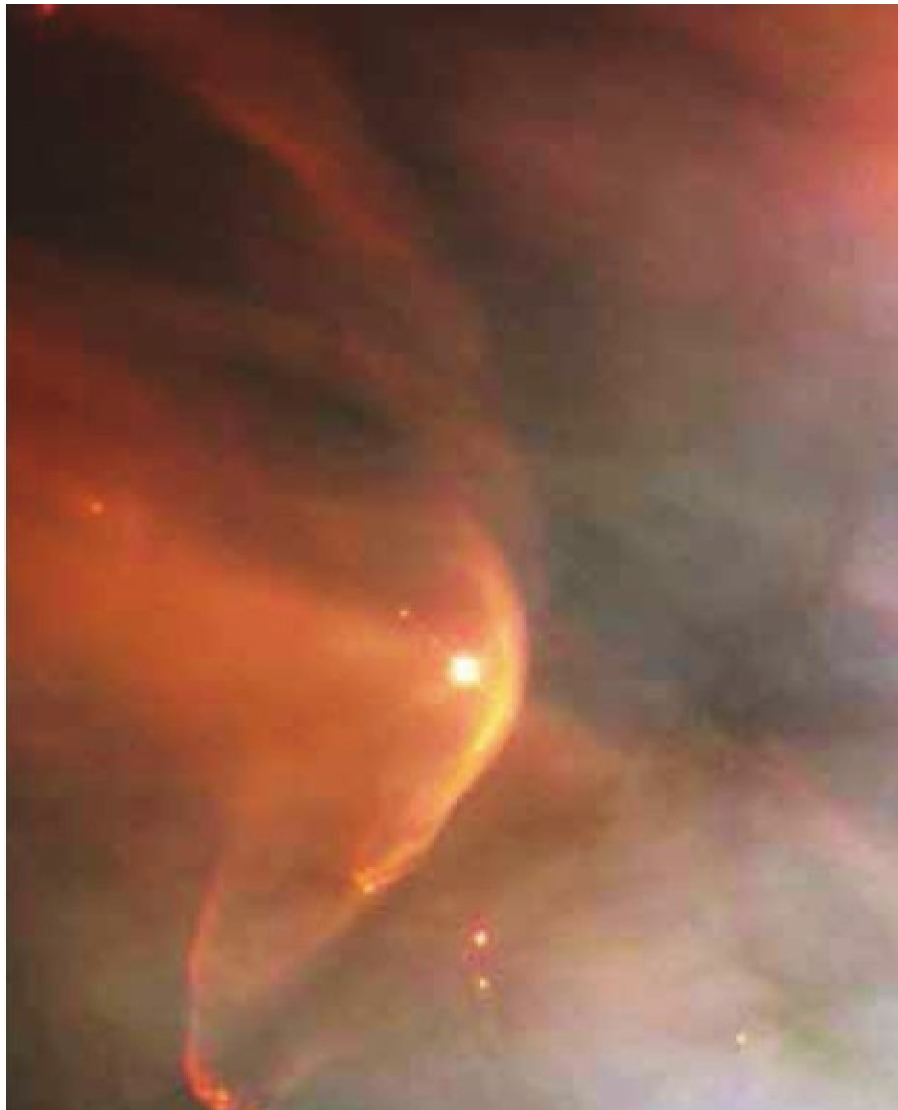
这意味着VIM团队终于可以宣布探测器已经到达了太阳系的第一道重要边界。

旅行者2号虽然落后很多，但是它的太阳风探测器完好无损。此外，就在旅行者1号到达终端激波后的第三年，也就是2007年8月30日这一天，旅行者2号穿过了终端激波——虽然这次穿越发生在距离太阳84天文单位的地方。



从太阳发出的太阳风产生的巨大磁泡，它包含了我们的太阳系以及整个太阳磁场。

旅行者1号和2号穿越点之间的这关键的10天文单位的差异证明了一个长期存在的理论，即太阳系并不是完美的圆形，而是扁的。当旅行者2号穿越终端激波时，当地的星际磁场将终端激波推向离太阳更近的地方。旅行者2号还揭示出，终端激波根本不是一个正常的冲击波。在正常的冲击波中，快速移动的物质在遇到阻挡的时候会减速，形成一个更密集、更热的区域。相比之下，旅行者2号发现自己处在比预计要冷得多的区域。一种可能的解释是，能量被转移到宇宙射线的粒子上，这些粒子在激波中被加速到高速。



弓形激波由猎户座LL星发出的强烈的太阳风与来自猎户座星云的气体发生碰撞而产生，酷似太阳日光层之外的那一个。

“旅行者1号和2号穿越点之间的这关键的10天文单位的差异证明了一个长期存在的理论，即太阳系并不是完美的圆形，而是扁的。”

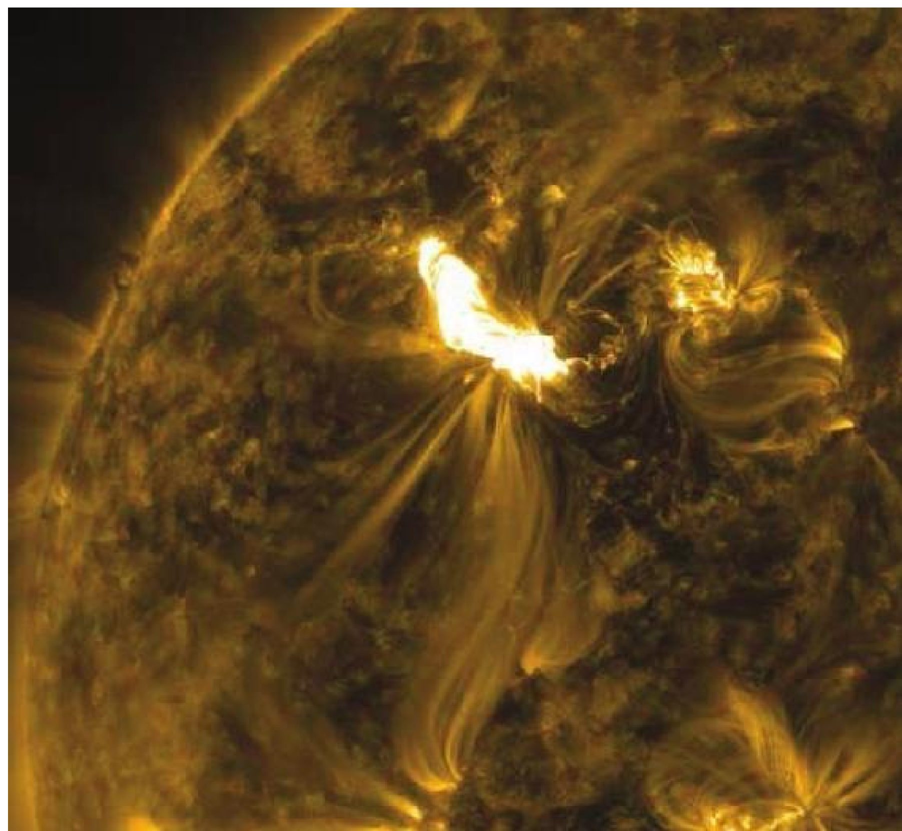
减缓衰退

在穿过终端激波和进入日鞘（太阳风急剧减速并变为湍动的区域）之后，VIM团队面临着新的挑战。

到2007年8月，两个旅行者号已经30岁了。在它们的生命中，它们都各自以3个钚燃料的放射性同位素热电发电机作为电源。在发射时，

发电机提供了470瓦的30伏直流电力，但随着钚的放射性衰退，功率开始稳步下降——每年减少4瓦。

为了延长它们的工作寿命，行星射电天文探测仪器在两个探测器上都被停用，还有旅行者2号的红外光谱仪也一样。在各种非必要的系统上电源也被切断。



2012年3月6日的太阳日冕物质抛射提供了NASA所需要的数据，能够证明旅行者1号到达了星际空间。

然而，任务仍在继续。到2012年7月，旅行者1号距离太阳122天文单位，到达了第二个太阳系边界—太阳风顶层。在这里，风和磁场不再来自于太阳，而是分别来自附近的超新星以及银河系。至少，这是VIM团队的想法，因为在太阳风顶层，他们又面临着和无法成功判定终端激波一样的困难——等离子探测器不工作了。

十字路口

为了验证航天器抵达边界的时间，VIM团队依靠的是旅行者1号的宇宙射线和低能量带电粒子仪器。他们的推理是，来自太阳的宇宙射线

（从终端激波中泄漏的太阳风粒子，被电离并被加速达到光速的5%）均匀地填充日鞘。因此，它们会以恒定的强度出现，这个强度可以被测量出来。当旅行者1号抵达边界时，人们预期这些离子会逃逸到星际空间，因此强度会骤降。

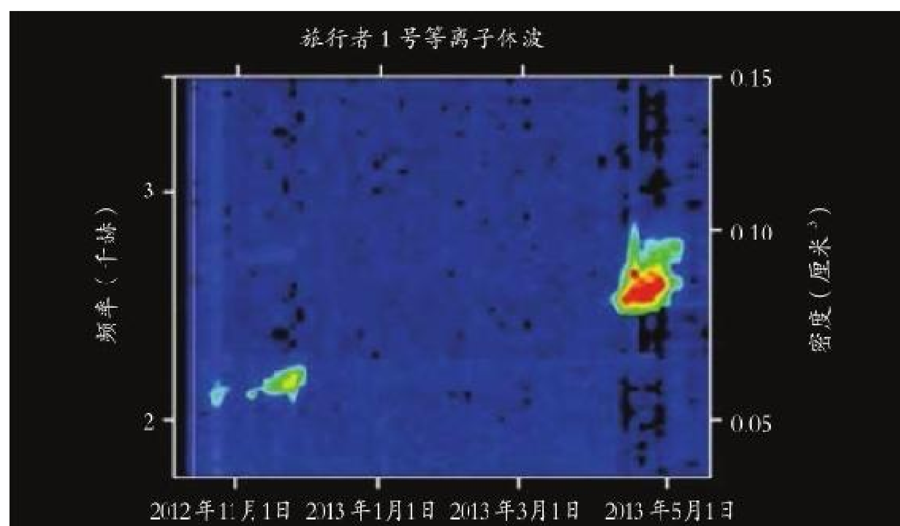
这确实发生了，但几天后强度再次增大。3周后，强度进一步减小，又再次增大。最后，在2012年8月25日，它们的强度下降了90%，此后再也没有增大。同一天，来自银河系的，比太阳发出的宇宙射线的强度大很多的一组宇宙射线急剧增加，这进一步证明了旅行者1号已经进入星际空间。

确认

当然，为了更加确定， VIM团队需要一种检测航天器等离子体环境的方法。2012年3月爆发的日冕物质抛射恰好提供了他们所需要的东西。2013年4月9日，经过13个月的焦急等待后，这次爆发的物质到达了航天器，旅行者1号的探测器收到了信号。它表明航天器周围的等离子体像吉他弦一样振动。

这些振动可以变成声音，它们的音高能让科学家确定等离子体的密度。让VIM团队高兴的是，航天器所处的环境密度比在日光层内观测到的高出40倍。这正是他们预期在星际空间中会检测到的密度，VIM让团队终于可以声称旅行者1号是人类的第一个星际旅行者。

“航天器周围的等离子体像吉他弦一样振动”



旅行者1号不断增长的等离子体数据表明该探测器超出了日光层。

旅行者号的缓慢关机

在太空航行了40年之后，两个旅行者号都出现了一些损坏。它们的一些仪器已经失效，有一些仪器已经被有意地停用，而剩下的仪器将随着电池的功率继续衰退而逐步被关闭。



“到2020年，需要开始关闭剩下的科学仪器。”

这不仅是太空探索史上值得铭记的一个时刻，也提供了一个洞察我们脆弱的存在的机会。旅行者1号揭示了日光层对于保护太阳系的重要性，保护我们幸免于能破坏DNA和臭氧的来自银河系内的宇宙射线。

更清楚的十字路口

旅行者2号在旅行者1号的后面，航行速度比旅行者1号大约慢10%，目前仍然沐浴在日光中。预计在一年或两年内，它会到达太阳风

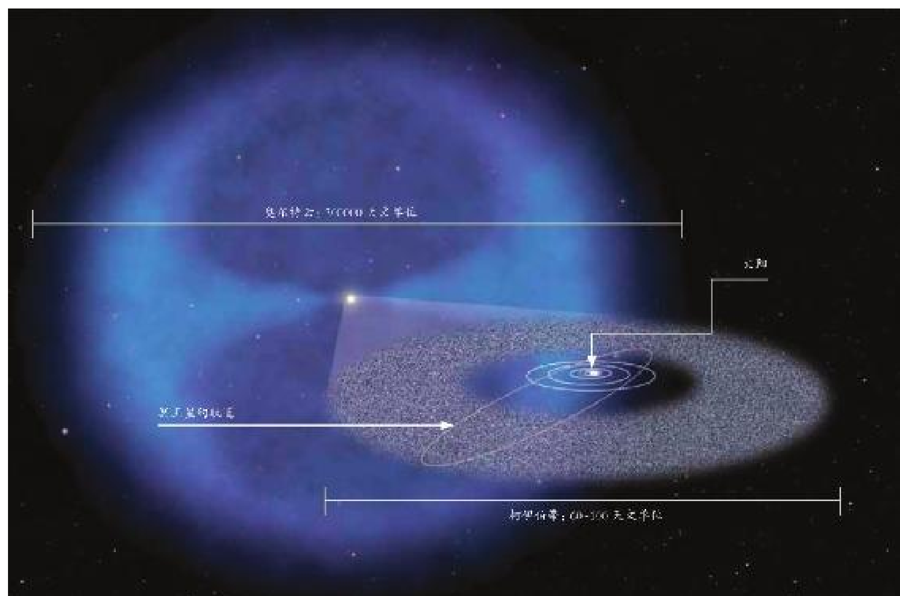
顶层——太阳风和星际介质间的边界。利用它还在工作的等离子体仪器，可以更容易地断定旅行者2号到达太阳风顶层的时间，还能够揭示太阳风在速度、密度和温度等方面如何变化的细节。

今天，旅行者1号微弱的信号需要17小时到达地球，因为探测器远在2×10^{10}千米之外。在这个不可想象的距离上，随着航天器几年前穿过太阳风顶层，人们很容易认为科学界的共识是它确实处在星际空间中，但事实并非如此。

冥王星距离太阳的距离比旅行者号近（是后者的1/3.5），此行星曾经被认为是太阳系结束和星际空间开始的地方。但是，太阳的引力范围远远超出了这颗前任的第九大行星，甚至超出了30天文单位距离处的柯伊伯带。因此，有人认为奥尔特云——这一理论上预言的彗星的诞生地，在5000天文单位到100000天文单位距离之外的包裹太阳系的地带，才是边界。旅行者1号可能最早在300年内到达奥尔特云。

最后的步骤

其他人认为太阳不再具有磁场影响的点是太阳系终结的地方。沙地上这条不可见的磁力线与太阳风顶层有着微妙的区别，因为尽管太阳风在太阳风顶层的边界处停止了，但它仍然令人惊奇地影响着附近的磁场。结果是，航天器继续传送特殊的磁场数据。为了证明旅行者1号真的处于“原始的”星际介质中，来自太阳的磁力波的偶然干扰需要停止，并且被太阳风影响的磁场需要转动大约40度。但详细的调查显示，这一影响正在减弱，而这个磁场正在慢慢地转向。



关于星际空间开始的确切位置存在争议。冥王星的轨道、柯伊伯带和奥尔特云都被提议为边界的候选者。

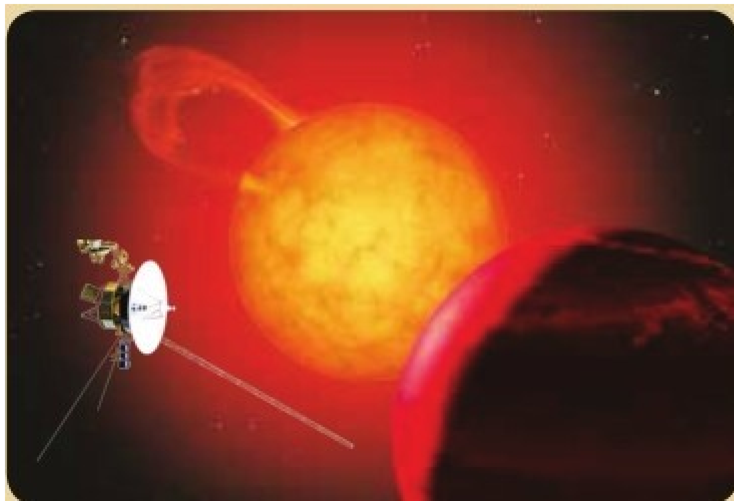
旅行者号的未来在哪里？



△奥尔特云

旅行者1号和旅行者2号，300年后

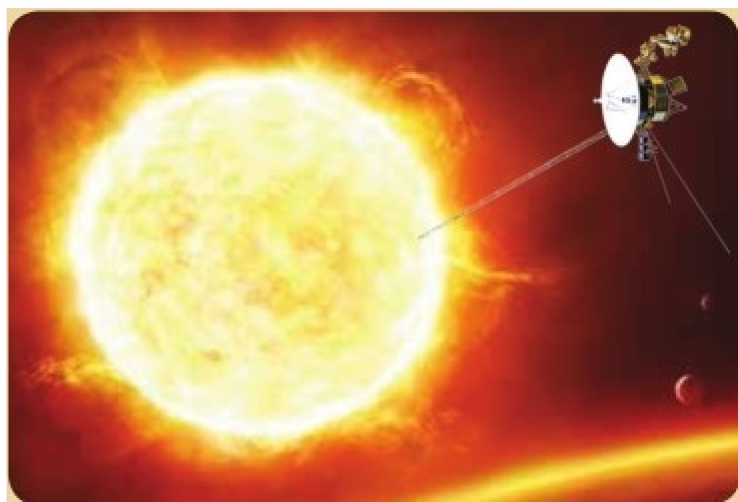
虽然从来没有被直接观测到，但是有一个被称为奥尔特云的亿万个冰冻物体组成的外壳被认为包围着太阳系。它是如此之大，以至于人们认为旅行者号需要4万年的时间才能穿过它。



△罗斯248

旅行者**2**号，**4**万年后

罗斯248位于10.3光年以外，是一个昏暗的红矮星，吐出相对频繁的、大的耀斑。有一些（不确定的）证据表明，这颗恒星有一个大的木星大小或褐矮星大小的伴侣。



△格利斯445

旅行者**1**号，**4**万年后

目前距离太阳17.6光年，格利斯445是鹿豹座的一颗主序星。它正在向地球移动，并且在旅行者1号经过它的时候，它应该正好是差不多肉眼可见的。



△天狼星

旅行者2号，29.6万年后

旅行者2号将最终通过夜空中最亮的星。这实际上是一个双星系统，由一颗主序星（天狼星A）和一颗伴生白矮星（天狼星B）组成。距离地球8.6光年。

几年之后，它应该指向正确的方向。也就是说，对于那些认为磁边界解释是正确的人来说，旅行者1号将不可否认地到达星际空间。

不幸的是，这很可能发生在旅行者1号和2号将停止与地球进行通信的同时。到2020年，需要开始关闭剩下的科学仪器，以节省电力。直到2025年，最后的科学仪器也将被关闭。到那时，两个旅行者号都会安静下来，在未来几年内仅周期性地发射微弱的电子信号，以指示它们的位置。

在这剩下的能获取有用科学知识的几年中，VIM团队将尽可能多地了解太阳系的外部疆域。主要目标包括：随着航天器向更远处航行，通过观察太阳磁场的剥落，了解太阳磁场是如何包裹在日光层周围的；通过倾听日冕物质抛射引起的等离子体振荡，对星际风有所了解；以及阐明太阳大气层与星际空间中的风的相互作用。

旅行者号的声音 苏珊娜·多德

苏珊娜·多德大学一毕业就加入了旅行者号项目，担任向天王星和海王星飞行任务的工程师。她于1990年离开项目组，从事其他项目，大约20年后又回归，监督旅行者星际任务。

采访：伊丽莎白·皮尔逊



旅行者号项目是我大学毕业后的第一份工作。如果这个项目再持续10年，它很可能会成为我的最后一份工作。

我在天王星飞掠之前被聘用，并留下继续为海王星的飞掠工作。然后，在1990年，我离开这个项目组，为各种各样的任务工作，包括卡西尼、火星观察者和斯皮策。当我在1990年离开项目组的时候，我从来没有想过这个项目能够在20年后仍然在进行，并且我还可以回来做项目经理。

有些时候我们以为NASA会取消这个项目。

在21世纪初，NASA认为不会有什么结果，而且我们永远不会到达星际空间，因为我们不知道太阳风顶层在何处。当时我不在这个项目组，但一直为项目结束的审查工作做图表。NASA从来没有进行那个审查，但一直在为它做准备。我们现在还必须每隔两年到三年申请一次资金。

直到21世纪前10年中期，我们才开始认为航天器可能会接近星际空间。

对于星际任务而言，有趣事情的发生开始于当旅行者号穿越终端激波时，这时粒子从超声波变为亚音速。对于两个旅行者号，这都发生在21世纪前10年中期。旅行者1号于2004年12月穿越它，在海王星和终端激波之间旅行了14年。对于旅行者2号，它发生在2007年8月。这时事情开始变得有趣了。在2012年旅行者1号看到了来自太阳的微粒的快速减少。与此同时，我们看到星际空间中的粒子增加了很多，并且我们能够得到一些对等离子体的测量结果，这些结果我们本来要在大约8个月后才能得到。当我们把这两个碎片放在一起时，我们可以往回推，判断出在2012年8月25日，旅行者1号穿过了太阳风顶层并开始在星际空间旅行。

旅行者1号在星际空间的第一个迹象来自宇宙射线光谱仪。

在来自星际空间的粒子增多的同时，来自太阳的粒子却大幅减少。这是第一个暗示，但是因为旅行者1号没有正在工作的等离子体仪器（在行星相遇阶段它坏掉了），所以我们看不到等离子体的密度正在增加这一被预言要发生的情况。

“它们每年损失4瓦特的核能源，所以我们必须制订关闭计划。”



苏珊娜和她第一次参与旅行者项目的纪念品——这张图表显示了旅行者2号在1989年8月25日接近海王星时命令的时间线。

旅行者2号拥有等离子体仪器，所以当它到达星际空间时，我们将直接测量等离子体。

对于旅行者1号来说，我们发现它已经到达星际空间，是通过一个13个月前发射的太阳耀斑，并且恰好是冲向旅行者1号的方向。太阳耀斑振动等离子体，而我们的无线电仪器可以探测到这种振动。将这段数据与太阳耀斑发生的时间，以及等离子体中粒子的减少相结合，我们就可以得知航天器在一个密度更大的等离子体中，这是一个标记，说明旅行者1号正处在星际空间中。

我们还希望看到磁场方向发生改变——但我们没有看到。

这是基于星际空间的磁场将来自于更大的倾角的事实。我们还没有看到这一点。关于为什么我们没有看到这一点，有很多理论。我们看到了方向的细微变化，但是没有大的改变。

我们最好的猜测是旅行者2号将在几年内进入星际空间，但我每年都这么说！

旅行者2号位于日鞘中，介于终端激波与太阳风顶层之间。这时的日鞘已经比旅行者1号在其中时更厚了。如果你看太阳周期，会发现太

阳的活动正在减少，所以日光层延伸的距离应该缩短一点，因为太阳的压力已经减少了。这给旅行者2提供了一个早点穿越的机会。



1989年8月25日，苏珊娜展示了JPL的旅行者更新计划的5am版本，和公众分享了旅行者号和海王星的相遇过程。

关于我们是否确实跨入星际空间有很多讨论。它的最终结论几乎要靠投票来决定。

你可以看到带电粒子的减少，这是非常令人兴奋的。这是人类进入星际空间的第一次穿越。当时我们没有其他的信息。当我们得到关于等离子体的数据，旅行者的科学团队和一些被认为是领域专家的非旅行者号科学家针对这一问题进行了多次讨论。

有些人用各种各样的模型表明我们并不在星际空间——我们只是看到了海岸线上的波浪，而不是在海洋中。但因为等离子体相当稳定，这些模型已经被认为是错误的。所以经过几年之后，我想我们可以说我们真的处在星际空间。但这并不像直接看到一幅图像一样清晰明了。

目前这两个年老的航天器仍然很健康。

我们现在主要监控旅行者号的电力。它们每年损失4瓦特的核能源，所以我们必须制订关闭计划。我们可能会关掉一个加热器，最终，再过几年，我们将关闭仪器，因为我们没有足够的电力来保持它们运行。

但是对于关闭掉哪些东西我们必须小心，因为航天器处在一个非常寒冷的地方。

我们需要保持航天器推进线路的温暖，不让肼结冰，因为我们需要推进器来保持旅行者号的天线指向地球。如果我们不这样做，航天器最终会漂移，我们会失去天线指向的信息。所以我们非常谨慎地保护每个航天器上的能源和热条件。

我的目标是为旅行者号开一个50周年纪念派对。

我们希望旅行者号至少还有10年的工作时间。但达成它需要付出很多努力。作为工程师，当能源逐渐耗尽时，我们必须明智地管理所有可运行系统。我们将对它们进行操作，直到我们不再能从航天器获得任何信号。如果我们什么都没听到，那就意味着我们不再有足够的电力来操作发射器了。我们会努力尝试恢复航天器，但是在某个时刻，将没有任何努力可以再尝试。

我认为它们是地球的伟大使者，特别是因为它们携带着黄金唱片。

因为有这张唱片，这个项目非常富有浪漫色彩，被赋予了重任。黄金唱片将告诉任何找到它的外星生命关于地球和它上面的人——我们喜欢的音乐以及某些图像和声音。想想5亿年后这张唱片会遭遇些什么是件很有意思的事情。它将会在哪里？谁会找到它？其他什么样的生物可能会发现它？他们会怎么看待我们？人们对此很感兴趣。

“我们会努力尝试来恢复航天器，但是在某个时刻，将没有任何努力可以再尝试。

旅行者号一直是幸运的，因为它们总是受到大众的欢迎。

人们总是对它们感兴趣，希望看到它们能走更远。当你谈论的项目持续了几十年的时候，其间人们有很多机会取消它们或停止资助它们，不管出于何种原因。保持这些项目持续进行需要很大的政治意愿。

有人说，人们总是担心，因为每个航天器都有不同的问题。

现在有人担心我们的能源剩余不足，航天器太旧了，很难回头找当年的数据。不少早期的工程师已经过世了，所以你没办法问他们有些东西是怎么设计的，或者他们在设计数字上有多少余量。它真的需要12瓦特，还是只需要10瓦特，还有2瓦特的余量？现在，这些余量是非常非常重要的。我们每天都在做决定，我们双手交叉，希望它们不会给我们带来意外的后果，而是做我们认为它们会做的事情。

当我2011年第一次加入这个项目的时候，我们在一个推进线路上有

一个多余的加热器，我们决定把它关闭以节省电力。这是一个冒险的决定。

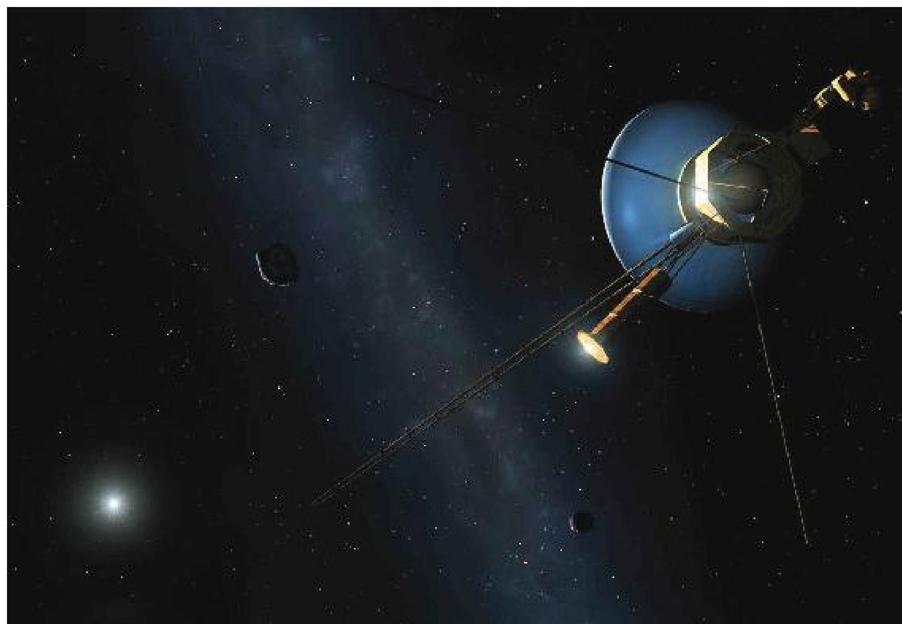
问题是我们是否要关闭35年来都没有使用过的那一边，还是关闭正在工作的那一边，因为它已经超出了它的生命周期，即使我们从未使用过另一边。我们最终决定切换到从未使用过的那一边，因为这将使仪器获得最长的生命周期。但是，总是存在这样一个问题：如果你切换到那一边，但它不起作用……你做了什么？我们设计了它，所以我们可以切换到那一边。如果它不工作，我们可以切换回之前的一边。有一种哲学叫作“不要干预航天器上正在运行的东西”。但这一切都奏效了，而且效果都很好。



在旅行者更新计划期间，苏珊娜能够向观众展示在广播开始仅仅几个小时之前所拍摄的崔顿的图像。

第四阶段 伟大的遗产

旅行者1号现在距离地球超过2.13×10^{10}千米，是我们的地球和太阳距离的大约142倍，目前它仍在向星际空间继续推进。旅行者2号距离我们的太阳大约1.77×10^{10}千米，仍然在日光层中，预计在未来几年会进入星际空间。航天器将继续行进，探测这个远离家园的未经探索的区域，直到它们的钚电池最终耗尽电量，但旅行者的遗产将继续发挥作用。这项任务改变了我们对太阳系的思考方式，为后来的太空探索铺平了道路，并且将以黄金唱片的方式，在宇宙中永远铭刻下地球在1977年的一瞥。谁知道呢？也许另一个物种会发现我们文明的这一片段，并前来寻找那些在很多年前把唱片送入太空的人的子孙后代。



独自在黑暗中：旅行者1号已经超越了太阳系的边界，但它的旅程仍在继续，它将进入到星际空间。

来自旅行者号的经验



旅行者号的成功帮助了后续航天器的规划和任务的设计

我们向NASA行星科学主任詹姆斯·格林博士询问了旅行者计划的持续影响。在这里，他解释了旅行者是如何继续激励接下来的项目的，以及旅行者遗产的一部分还没有实现的情况。

撰文：詹姆斯·格林

旅行者号将被认为是太空探索中最伟大的成就之一。当你读到这篇文章时，这两个旅行者号仍然在运行和探索—在没有人造物体或者人类触摸过的任何东西曾经去过的地方。

2012年8月，旅行者1号离开了我们的行星系统（即太阳系），进入了恒星之间的神秘区域：星际空间。旅行者2号有望在未来几年内进入太阳影响范围的外边界。

旅行者号的任务不仅改变了我们对木星、土星及其数十颗卫星的认识，也给我们提供了第一个特写镜头——看到奇异而美妙的行星天王星和海王星。在这两个航天器发射到太空的40年里，旅行者1号已经航行了超过2×10^{10}千米，而旅行者2号已经航行了超过1.7×10^{10}千米。在项目启动的第40周年之际，我们有必要回想一下启发旅行者项目的想法，它的最大成就和它持久的遗产——这两个航天器和它们的发现是如何激励接下来的太空探索任务的，以及它们现在如何在继续影响NASA的任务。

大使的职责

在我较为平静的时刻，我们想到了一个几十亿年后的日子，那时我们的太阳已经变成了一个红巨星。届时，地球将不再是可居住的。为了生存，人类将“离巢”前往另一个家——沿着由旅行者项目开辟的路径。

简单地想想，即使在那时候，旅行者号仍然是地球的大使。它们每一个都是一个时间胶囊，来自于这样的时代，在我们的暗淡蓝点上的大胆探险家们伸手触摸太阳系之外的恒星的时代。这是振奋人心的。

旅行者号项目不仅产生了引人入胜的科学，而且每一个航天器本身都满足了世界的想象，通过黄金唱片的形式携带着对外星文明的问候。

先驱者10号和11号每个都携带详细记录它们起源和发射日期的小金属块，而旅行者号的黄金唱片则更加雄心勃勃。这两张唱片记录着图像和声音，为任何可能发现它们的物种提供了地球上各种各样的生活和文化的快照。正如卡尔·萨根指出的，“在宇宙海洋中发射这个‘瓶子’，说明这个星球上的生命满怀希望”。

“拥有两个航天器，我们可以增加任务成功的概率。”

旅行者项目雄心勃勃。总的来说，旅行者号航天器访问了更多的行星，发现了更多的卫星，并给更多的地方拍了照，超过了NASA历史上的任何其他航天器。

我经常问的一个问题是：为什么要有两个旅行者号？旅行者号是NASA的早期项目。当时人们知道飞行系统会遭遇许多异常情况，这将使它们处于安全模式。安全模式是一种通常会关闭所有科学仪器并寻找来自地球的命令的情况。由于旅行者号的任务是飞掠，它们出现任何异常都将耗费我们大量的时间来诊断和纠正，这可能会导致我们错过一次与外星生命的相遇以及所有可能来源于它的科学。拥有两个航天器，我们可以增加任务成功的概率。同样的策略被运用到火星漫游者勇气号和机会号上；有两个漫游者不仅提供了后备，而且给了我们更大的误差余量。

总有一个B计划

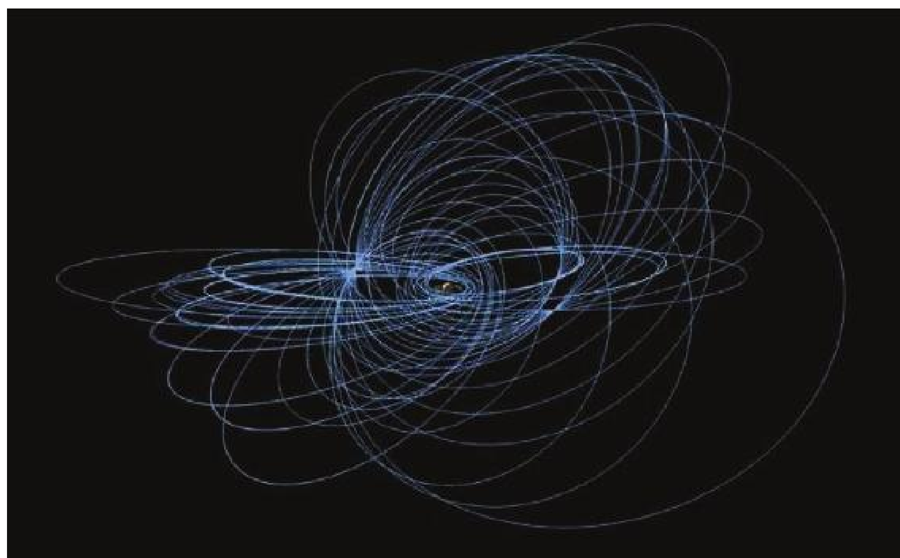
很快人们就明白了，这种“组合拳”策略是最好的选择。旅行者1号的扫描平台上把相机和仪器从一侧移动到另一侧的旋转轴，在1978年卡住了几个星期。当旅行者2号正从与土星最接近的地方离开的时候，同样的平台上的旋转轴在旅行者2号上也卡住了。幸运的是，尽管技术上存在问题，旅行者2号在土星上获得了非常好的结果。但是，遭遇的异常状况突出了误差余量问题，并体现了第二个航天器作为后备的价值。



火星漫游者勇气号也有孪生兄弟——机会号。双保险是诞生于旅行者计划的防故障安全策略。



旅行者号激励了NASA的几代航天器，每一个都得益于更专一的目标范围和更先进的技术。



对旅行者项目来说至关重要的引力辅助概念也成为卡西尼项目的组成部分。在这里，你可以看到探测土星的航天器是如何借助引力辅助来反复改变轨道的。

旅行者号作为巡游太阳系外部的4颗巨型星体的第一个项目，产生了一批新的科学成果。这项任务的成就中包含，发现了以前未知的卫星和环，在艾奥（木卫一）上发现活跃的火山，发现海王星的大黑斑和强风以及崔顿（海卫一）上的喷发间歇泉。

“NASA的行星科学部门遵循一种范例：飞掠、绕转、着陆、漫游以及取回样本”。

航天器完成最后的行星飞掠之后并没有停下“脚步”。在2012年，旅行者1号成了第一个离开日光层的航天器，进行了来自星际空间的宇宙射线和银河系磁场强度的首次测量。旅行者2号，在写这篇文章的时候，还没有越过边界进入星际空间，它进行了太阳风激波终端的首次测量。

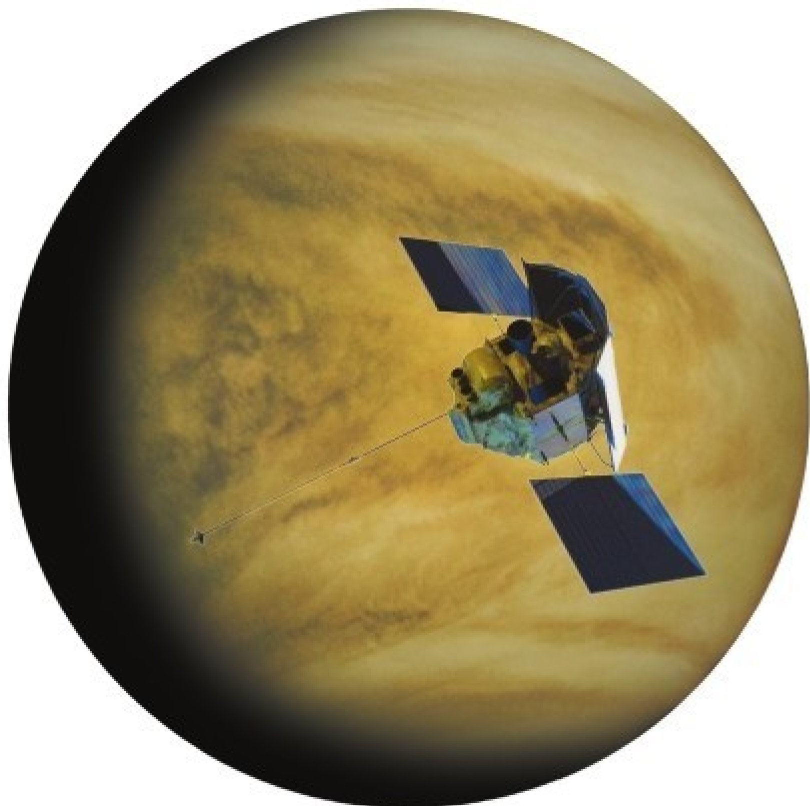
旅行者2号是什么时候加入它同伴的行列，开始体验来自其他恒星的风的？我们希望它能在未来几年内进入星际空间，加入旅行者1号的行列。

侦察队

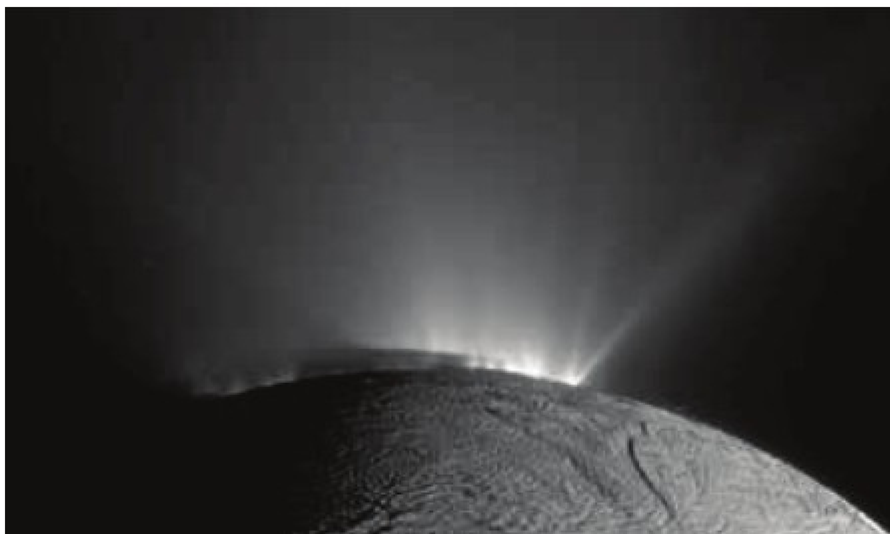
NASA的行星科学部门遵循一种范例：飞掠、绕转、着陆、漫游以及取回样本。旅行者号们曾经是，在某种程度上目前仍然是这个范例的侦察队和发起者。它们开辟了道路，用一次次飞掠，让我们可以进行下一步的探险。事实上，旅行者号允许我们调查其所到的情况，并决定我们进一步研究的重点。作为飞掠任务，旅行者号强化了行星科学范例，这一范例一直以来都是非常成功的。

对于旅行者号的地外行星访问之旅的成功，至关重要的是利用了引力辅助的概念——利用宇宙中的行星或其他天体的质量来改变航天器的速度和轨迹。旅行者2号通过引力辅助完成了访问对木星、土星、天王星和海王星的旅程。

从那时起，许多任务使用引力辅助来节省燃料，并显著减少了到达外太阳系目的地所需的时间。几年前新视野号飞掠冥王星，借助了木星引力的推动。OSIRIS-REx探测器驶向小行星101955，会从地球获得引力辅助，更迅速地向目的地进发。而信使号的任务策划者使用引力辅助不是为了加快航天器的飞行速度，而是使其减速，从而成功地进入水星的轨道。信使号受到了地球和金星的协助，3次来自水星自身的协助，然后被定位到水星的轨道上。



旅行者号使用引力辅助加速，但引力辅助也可以用来减速；探测水星的信使号在它飞掠金星时就这样做了。



旅行者2号最靠近天体的一次飞掠是到达了距海王星表面5000千米以内的区域；NASA后来能够将卡西尼号定位在土卫二上方的15千米处。

在到达土星的征途中，卡西尼号接受了两次金星的引力辅助， 各接受了一次地球和木星的引力辅助。卡西尼号已经掌握了引力辅助的艺术，并利用和土星最大的卫星泰坦（土卫六）的近距离飞掠不断地重塑其轨道。这使得卡西尼号获得了许多观察土星卫星的新视角，并且取得了重要的科学成果，如果没有引力辅助这是无法达到的。

为了观测海王星的卫星崔顿，旅行者2号对海王星进行了一次非常近距离的飞掠——通过海王星北极云层之上约5000千米处。这是任何航天器围绕一个外部行星的最接近的轨道，并为未来的更近距离的飞掠引领了精确轨道的发展。一次这样的飞掠带着卡西尼号穿过从土卫二（恩克拉多斯）喷发出的羽流，使探测器到达了距卫星冰冷表面15千米以内的区域。



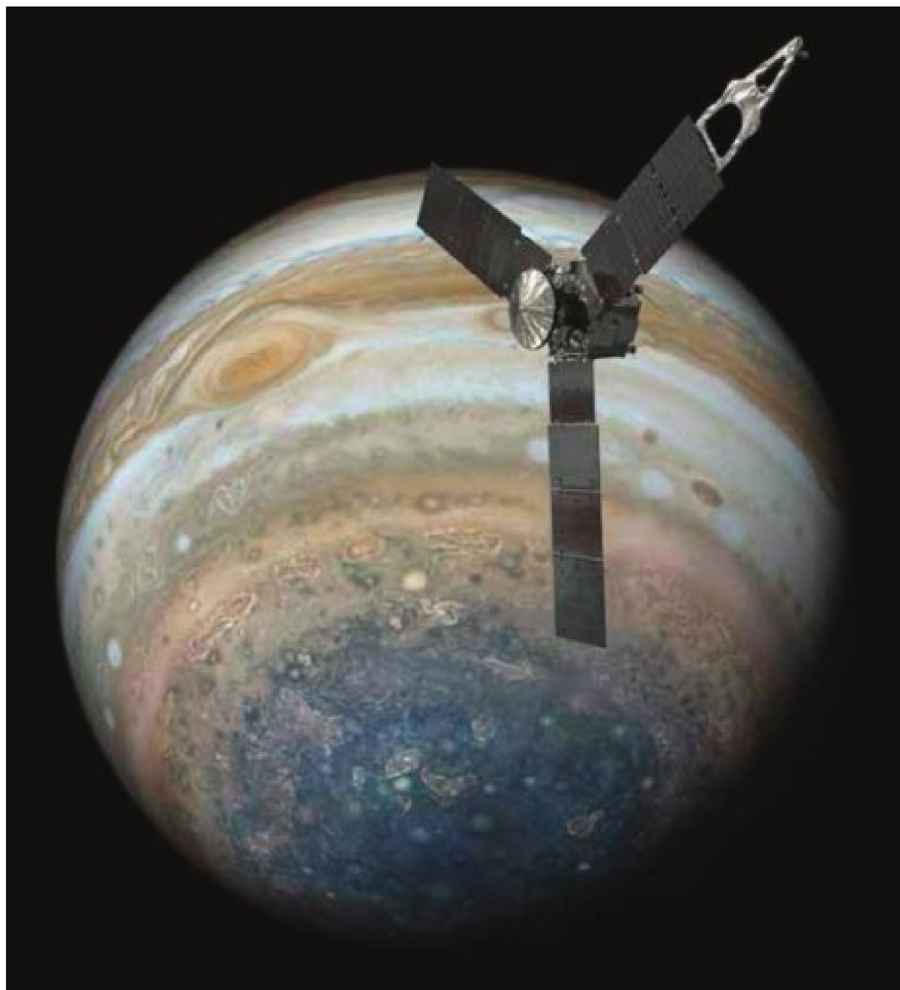
卡西尼号借助引力辅助能够对土星的许多主要卫星进行密切的观察。

提高标准

虽然旅行者号只有容量有限的可编程存储器，但它被证明是一种关键的资源，被广泛使用，并在许多场合重新编程。因此，所有随后的行星项目都被装置了大容量可编程存储器。

旅行者号为未来的行星探索定下了日程。虽然它们提供给了我们很多关于冰巨星（如天王星、海王星）和它们的卫星的信息，但是这些项目中相对原始的仪器，以及返回的相对较少的数据带来的是更多的问题而不是答案。

旅行者号项目是这样一个例子：我们知道的越多，我们所需要学习的东西就越多。因此，旅行者号为许多NASA项目铺平了道路：前往木星的伽利略项目和朱诺项目，以及受到来自木星的适当引力辅助的、前往土星的卡西尼项目。欧罗巴号是一个轨道航天器，它也建立在旅行者号项目的经验之上，计划在21世纪20年代初发射，随后的着陆器任务将是逻辑上的继任者，可以探索天体表面，但也寻求地球之外的生命迹象。



位于木星南极上方的朱诺号，该航天器的主摄像头是一个公众科学仪器，这意味着任何人都可以下载朱诺号获取的数据并将其处理成图像。

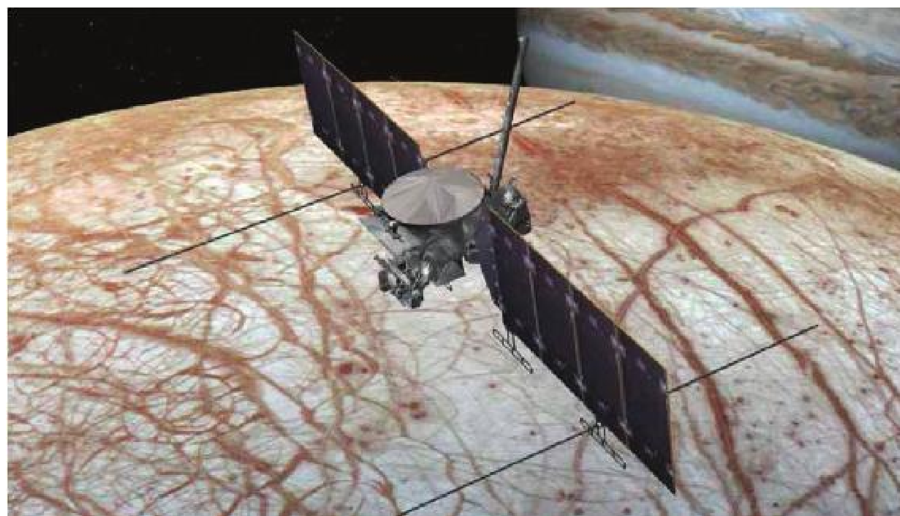
旅行者号的“盛大的旅行”并不包括冥王星，而新视野项目任务则“完成了遍历各星”的飞行。新视野号在2015年7月飞掠冥王星——再次借助

了木星的引力辅助。

返回的旅程

从旅行者2号开始，冰巨星天王星和海王星一直未被探索，但未来几年情况可能会发生变化。目前的“行星科学10年调查”项目（涵盖了2013—2022年），将返回天王星或海王星作为重中之重。最近NASA领导的前10年的调查探索了各种潜在的项目概念，包括轨道航天器、飞掠和能够潜入天王星大气层以研究其成分的探测器（可能在21世纪20年代末实施）。

旅行者号的发现也促成了人类未来对木星迷人的、火山喷发活动活跃的卫星艾奥进行探索的任务。“艾奥观察者”在2003年被列为NASA的“新前沿”任务中的优先任务之一。



欧罗巴号将在与其同名的冰冷木星卫星上寻找生命的迹象。



新视野号于2015年完成了在“盛大的旅行”中被旅行者号忽略的目标——对冥王星的短暂访问。

“好奇心存在于我们的DNA中，作为人类，我们必须去探索，寻找下一座山丘之外的东西。”

旅行者号激发了我们对巨型行星内部结构和组成的好奇心。对于它们的极地区域及其磁场的起源，我们还有很多需要了解。除了20多年前旅行者号在飞掠天王星和海王星时得到的知识以外，对于天王星和海王星的磁场与磁层我们知道得很少。但问题仍然在于它们的磁层——电离层耦合过程及其与极光和卫星的联系。

同样令人费解的是海王星的热量，它比预期的大10倍。天王星的热量大约是预期的3倍。目前导致这种情况的原因尚不明确。在海王星上，旅行者号发现了从崔顿的超冷表面喷发到平流层的氮气间歇泉。

我们还有很多关于太阳系边缘的知识需要了解，所以一个有能力访问太阳风顶层的任务出现在了我们的任务清单上。

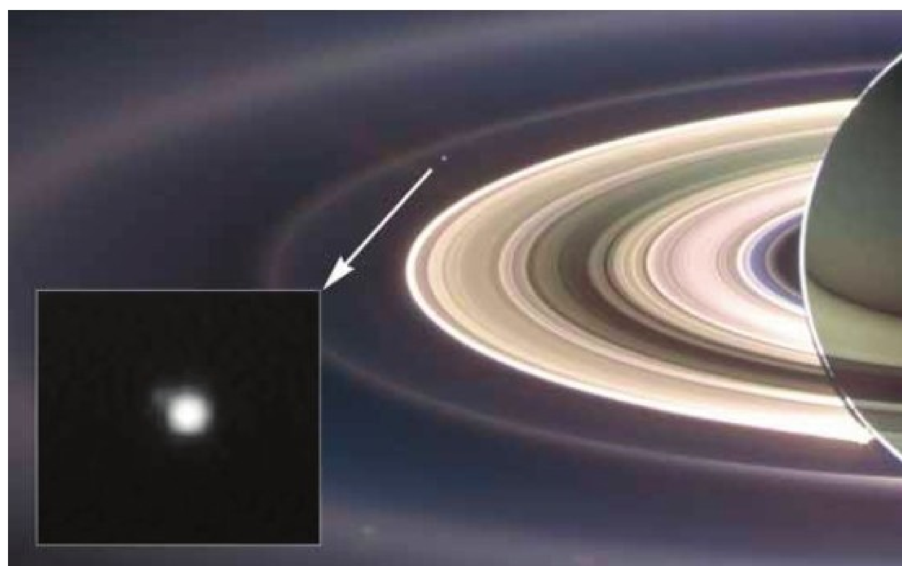
好奇的心

旅行者号发射40周年纪念日是一个理想的时刻，让我们回想我们发射航天器的动机和未来可能会发生的事情。好奇心存在于我们的DNA中，作为人类，我们必须去探索，寻找下一座山丘之外的东西。旅行者号的探索不仅改变了我们对科学和宇宙的看法，也改变了我们人类本身。在看到我们的地球的标志性形象——由旅行者1号从6×10^9千米的距离处拍摄到的暗淡蓝点的时候，谁没有感到震撼和自身的渺小？当我

们通过土星环观看地球时，我们不得不用卡西尼号重复旅行者1号的拍摄工作。

旅行者号还教给我们凡事要有耐心。航天器完成探测所需的时间要求参与这项任务的NASA的科学家们对该项目进行长期的投入。任何来自于它的满足感将会被严重延迟。但是，正如现实所显现的那样，等待是值得的。

当我还是研究生时，我被旅行者号的一次次飞掠给迷住了。现在，作为NASA行星科学的主管，我渴望回到外太阳系，回到天王星和海王星，发现更多关于冰巨星的东西。旅行者号的后续工作仍然等待着被完成。



从土星的环中看地球，向旅行者1号的暗淡蓝点致敬。

给星星的留言



撰文：本·斯丘斯

大使、留言、混合录音、邀请信——无论旅行者号的黄金唱片被未来的外星人如何解读，它们都是人类和我们无畏的天性的“记录”。

在大约10年后，旅行者号将不再有足够的电力与地球进行通信。就NASA而言，这将标志着一个项目的正式结束，到那时，这个项目已经持续将近半个世纪。但是，即使定期向地球发出以及接收信号的活动将会停止，希望仍然存在，会有来自旅行者号的最后一条信息被收到。

这里所讨论的信息不是针对NASA或地球上的任何人的，而是为一个先进的外星文明准备的。

每一个旅行者号上面都有一个1977年的时光胶囊，存放在一张镀金铜盘中，这是一张包含当时我们的星球一瞥的唱片记录。这些“黄金记录”背后的技术可能会被现代标准所淘汰，但它是一个简单的技术，而NASA相信先进文明能够很容易地理解它。



（最左）1977年6月，旅行者号的黄金唱片开始制作。



（左）1977年6月，在被用来压印光盘之前，镀镍母唱片正在接受检查。


（左）其中一张存放在铝保护套中的唱片，被安装在旅行者号上。



（最左上）在保护套上蚀刻指令。



（最左下）给铜唱片镀金。

每一张黄金唱片都携带有丰富的信息，包括116幅模拟编码的图像，55种语言的问候语，来自地球的自然声音的12分钟蒙太奇呈现和90分钟的音乐。这些信息的载体被安装在由铝制成的保护套中，其中刻蚀图和二进制代码包含了播放它们所需的所有信息。在它上面还刻有太阳相对于14个已知脉冲星的位置，这样如果任何人找到它们当中的任一个，都可以推断出信息的起源地。这些封装是通过同位素铀-238的超纯样品制成的，外星人可以通过放射性年代测定法来确定旅行者号的年龄，并用唱针来播放唱片中的信息。

“NASA相信先进文明能够很容易地理解这项技术。”

在一张唱片中描述地球生活和文化的多样性绝非易事，但幸运的是，NASA有两位天文学家在向太空发送物理信息方面经验丰富：著名的天体物理学家和科学普及者卡尔·萨根和SETI创始人弗兰克·德雷克。萨根和德雷克设计过用于早期先驱者项目的饰板——一对镀金铝板，描绘了一个裸体男人和一个裸体女人以及提供了两个航天器起源信息的符号。

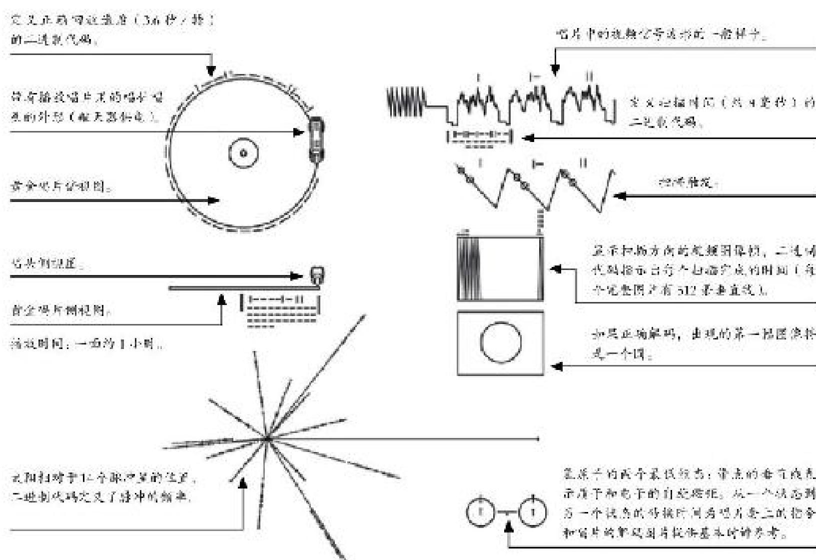
地球的日常

正是萨根和德雷克在1977年1月的美国天文学会会议上首次提出建议，在旅行者号上携带更为雄心勃勃的留言。不久之后，NASA批准了这一想法，并委托萨根、德雷克和一个包括艺术家和作家在内的委员会，用数月的时间在一张唱片中尽可能多地记录我们的存在。

该团队的成员随后开始工作，他们与历史学家、民俗学家、艺术家和民族音乐学家交谈，并与政治团体和纪录片导演进行磋商。艺术家乔恩·伦伯格选择了地球的图片，它们高度多样化——从泰姬陵的图像到落叶的图片。这些图片有各种来源，包括NASA、美国《国家地理》杂志和《体育画报》，但如果伦伯格无法找到合适的图片或表格，他或德雷克就自己把它们画出来。

如何播放黄金唱片

唱片保护套上的刻蚀给出了播放说明（这里介绍它们的含义）



来自地球的信息

旅行者号上携带的“时间胶囊”黄金唱片内容的快照



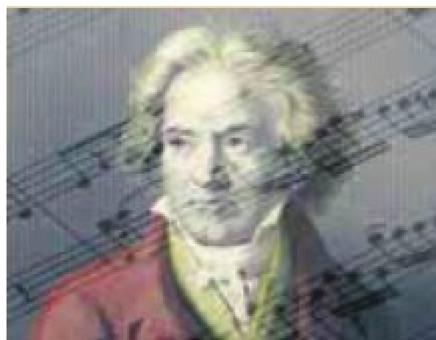
场景

地球沙漠、山脉、海洋和城市的照片都被包括进去，但没有被包括的东西也同样有趣。战争的图像被排除在外，因为担心它们可能被解读为侵略的意思。出于包容性的考虑，政治和宗教也被省略了。



问候语

如果真的希望选择的这些问候语能被任何人理解，那么萨根的团队应该发送一种语言并附上一个密码来破译它。但这些问候语其实更是为了让在地球上的人们感受到快乐，所以它包含了纽约一位计算机程序员的瑞典语信息。



音乐

黄金唱片记载了各种音乐：从贝多芬和巴赫到森格拉斯敲击和传统的格鲁吉亚音乐。对于传统的格鲁吉亚音乐，一部分“Tchakrulo”（格鲁吉亚民谣合唱）的歌词被翻译，以确保其不会使外星人产生攻击性的联想——团队成员发现这首歌是关于农民起义的。



思想实验

一个意想不到的被包含的内容是安·德鲁扬的脑电波的声音。德鲁扬想知道是否有一个掌握了思想解码技术的文明存在。萨根和其他团队成员喜欢这个想法，因此德鲁扬志愿进行脑电波扫描。

同时，萨根当时的妻子、艺术家和作家琳达·萨尔茨曼负责获取各种语言的问候语。由于时间的限制，许多演讲者来自萨根所在的康奈尔大学和周围的社区。由于对于说的内容并没有很多要求，结果是五花八门的——从萨根6岁的儿子尼克用英语说“来自地球的孩子们的问候”到亚拉姆语的最简单的一个词“和平”，或者是中国的闽南话的问候语，翻译为“太空的朋友们，你们怎么样？你们吃了吗？如果有时间来看看我们。”

“萨根还要求加入披头士乐队的歌曲《太阳出来了》，但是**EMI**公司拒绝给**NASA**权限使用它。”

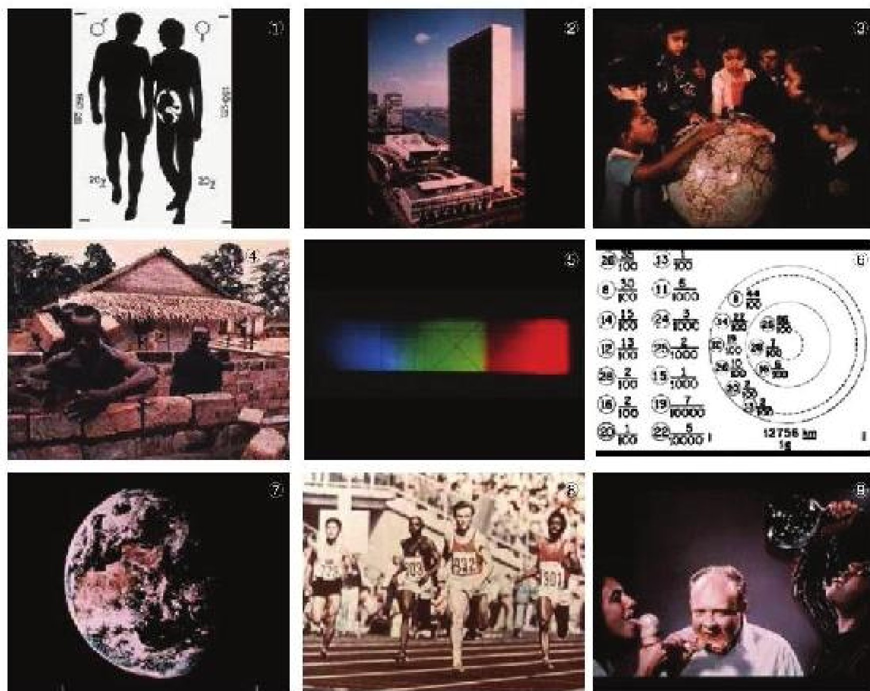
声音与音乐

当然，问候并不是发送到太空的唯一声音。该项目的创意总监安·德鲁扬和后来的萨根的第三任妻子监督了“地球的声音”的录制，包括雷暴、火山爆发和海浪的撞击以及人类和动物的声音，比如婴儿的哭声、黑猩猩的叫声和狗吠声。音乐方面的工作落在了科学作家和《滚石》杂志编辑蒂莫西·费瑞斯身上。古典音乐以莫扎特、巴赫、贝多芬等人的作品节选为突出特色。但是，为了显示人类可以提供的音乐的广泛性，传统歌曲甚至包括查克·贝里的《约翰尼·B．古德》也包括在内。萨根还要求加入披头士乐队的歌曲《太阳出来了》，但是EMI公司拒绝给NASA权限使用它，尽管披头士乐队本身希望它被收录进去。

一旦内容被收集完毕，团队即认为困难的部分已经结束。但是，就在他们完成剪辑主唱片之后， 费瑞斯坏了事，在音乐和音乐标签之间增

加了献词“致敬音乐创造者——所有的世界，所有的时代”。NASA的质量控制部门否绝了这张唱片，因为这段铭文不符合设计要求。如果萨根没有匆忙地让NASA局长签署豁免书，唱片就必须被空白光盘替换。

携带这些唱片使旅行者号从机器人探险家转变为星际大使。这些航天器很可能永远不会到达外星人的手里，但事实上，黄金唱片仍然被发送的事实表明，人类怀有希望，有一天能发现我们并不孤单。

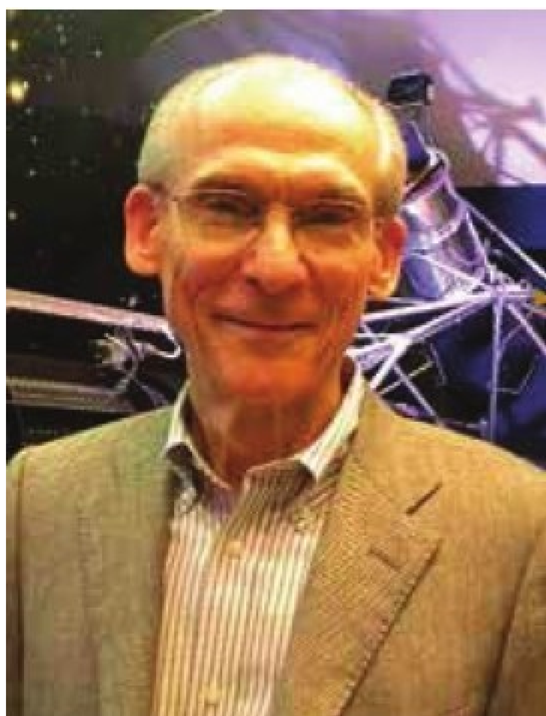


这是在黄金唱片上被编码的图像中的一小部分，用来描述我们的行星、我们的空间区域和人类种族：①雄性和雌性；②联合国大楼；③孩子和地球仪；④非洲的房屋建筑；⑤太阳光谱；⑥地球的结构；⑦太空中的地球；⑧奥运会上的短跑运动员；⑨对舔、吃和喝的展示。

旅行者号的声音 埃德·斯通

埃德·斯通——旅行者任务的“门面”，自1972年以来一直是该任务的项目科学家。他回顾了任务早期工作人员面临的挑战，以及双胞胎太空航天器如何继续探索日光层的边缘以及更遥远的地方。

采访：伊丽莎白·皮尔逊



旅行者计划于1972年7月开始实施，此后不久我就成了项目科学家。

对于任务的行星部分，共有11个科学小组，每一个负责航天器上的一个特殊的仪器。这些小组组成了所谓的科学指导小组。我的任务是协调科学工作，然后带头向公众报告这些相遇事件，引导他们了解两个旅行者号的旅程和我们发现的事物。

一般来说，大家在一起工作时表现得很好。但是，有时我们不得不在A或B之间做出决定，因为我们在飞掠的过程中只有有限的时间，我们

一次只能做一件事，所以我们必须决定到底做什么。但是我们组织得当，一切都很顺利。

我们在建造探测器时学到了很多东西，因为旅行者号是最早的完全自主飞行的航天器。

以前的航天器或多或少都有来自地球的命令指挥，告诉它们下一步该怎么做。对于旅行者号，我们编写了计算机程序，然后航天器执行。必须整合和测试的仪器阵列——甚至是计算机的程序，都是全新的，因为这些航天器被建造为自主运行的。它们使用小型机载计算机进行飞行。按照当今的标准，这些计算机是相当原始的，但在当时，它们是太空中最先进的机器。

我们有相当好的仪器负荷。

当然，和我们当时旅行者号的仪器相比，今天你可以造出更好的仪器。比方说，你的智能手机拥有比旅行者号高出240000倍的内存。这让你有了概念，当时让所有东西都适合所面对的这个挑战是多么大。

发射日和其他任何一天一样。

所有事情都是系统地组织起来的，因为在做出你已经准备好发射的决定之前，有很多步骤要完成。倒计时是一个非常激动人心的时刻，但是也是引发很多关注的时刻，因为发射是任何任务中最关键的部分之一。

“所有事情都是系统地组织起来的，因为在做出你已经准备好发射的决定之前，有很多步骤要完成。”



1977年，埃德·斯通（左二）和同事以及旅行者号模型在一起。



1972年在JPL，旅行者任务的科学指导小组（当时被称为MJS-77）在第一次会议之后的合影。埃德·斯通是左起第4个。

我们一直在学习如何使这些非常复杂、自动化的航天器进行首次飞行。

旅行者2号是首先被发射的。因为它在较慢的轨道上运行，它将第二个到达木星。旅行者2号上有机载计算机程序可以检测故障。如果某件事情超出了预期的限制，程序就会不断改变，直到找到合适的组合（让事情恢复到那些限制之内）。在发射过程中，旅行者2号的故障保护系统报告的情况与预期不同。但是原来这是因为它正在被发射！这给

工作人员造成了一些困扰，因为航天器处于故障保护模式，而事实上一切都很好。它照顾好了自己，一切都恢复正常，它还进行了定向。

旅行者2号上还发生了一些奇怪的事情。例如，一些明亮的尘埃斑点会通过恒星跟踪器，航天器会像被什么东西撞到了一样开始做出反应，但其实它并没有撞到东西，它只是穿过了一些灰尘。

我们希望航天器能持续工作足够长的时间以到达星际空间，但我们并不知道它是否能够做到。

我们对太空中持续工作这么久的东西没有经验。但是我们有两个旅行者号，每一个的许多子系统都留有冗余，所以如果一个系统中的什么东西坏了，我们还有另一个可以替代它。当然，我们还有另一个航天器。

我认为，如果你在进行太空研究，那么你必须乐观地认为，事情会成功。

当旅行者号被发射时，人类对太空的研究只有20年的时间。我们对任何可能在太空中待四五十年的东西都没有经验。我们不知道旅行者号会持续工作多久，或者它们要走多远才能到达星际空间。现在我们知道多远了，因为旅行者1号已经到达星际空间。我们非常确信它有足够的能量再发送大约10年的数据。

航行的每一天都收获很多。

在相遇的过程中，我们每天下午都会召开会议，试图了解我们刚刚得到的东西，并为第二天做好准备。很难挑选出一个最令人惊喜的时刻，但是艾奥上火山的发现确实引人注目。它代表了旅行者号正在做的事情：揭示那些不在我们平常认知领域的东西。在那之前，太阳系中唯一的活火山存在于地球上。然而这里有一颗卫星——只是木星的一颗卫星，有着10倍于地球的火山活动。那时我们才真正意识到我们正在经历一个旅程，去发现太阳系中的物体是多么的多样化。



1979年，埃德·斯通主持了关于旅行者号和木星的最接近点的新闻发布会。


埃德（左）受到时任美国总统吉米·卡特的接见，后者为黄金唱片提供了一条问候留言。

我们总是感到惊讶。

我们参观的最后一个天体是崔顿。它和冥王星差不多大小。在被海王星捕获并成为其卫星之前，它可能是冥王星的兄弟姐妹。它有着不同于其他天体的历史，因为它被捕获，并且它的轨道变圆了。崔顿和我们以前见过的任何东西都不像。你可以看到崔顿冰冻的表面和极顶上的氮气。崔顿是极其冰冷的——在绝对零度（-273摄氏度）以上约40摄氏度，所以即使是氮气也被冻结。但即使在这样的温度下，崔顿上还存在

间歇泉。我们看到其中两个在极地上喷发，因此尽管极度严寒，崔顿上面仍有地质活动发生。

最终我们意识到旅行者1号已经进入星际空间。

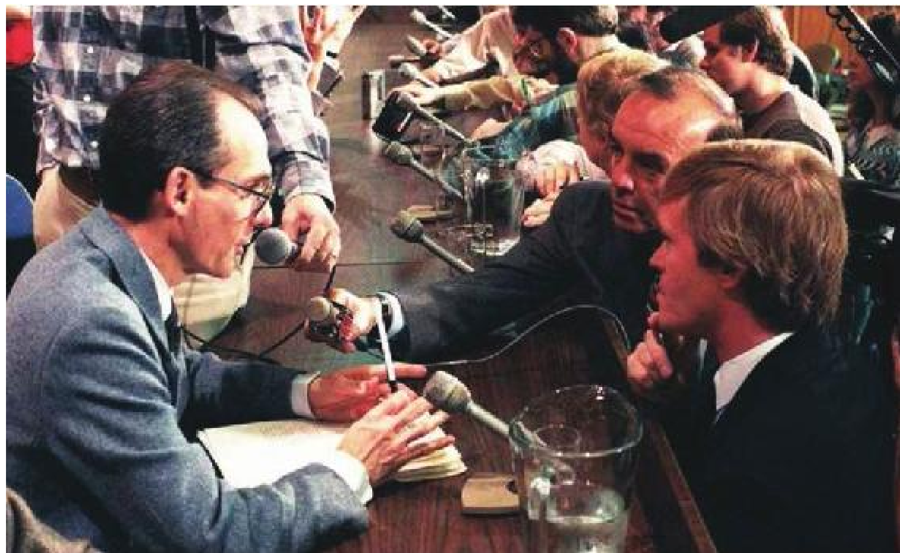
太阳大气稀薄的最外层形成一个巨大的气泡，被称为日光层，它是一个巨大的电离等离子体口袋，主要物质是氢、质子和电子，这些物体以超声速向外推进，但随着离太阳越来越远，外推力变得越来越弱。因此，日光层占据越来越大的空间，直到最后，它不能再向外推进一步。我们知道，日光层内的等离子体密度比外面的密度低（是外面的1/100），而外面的等离子体是来自其他恒星的。当旅行者1号最终离开这个气泡进入星际空间时，我们看到一个等离子体密度上的骤变，变化幅度大约为40倍。

另一个线索是，在日光层内部，一些太阳风被加速到大约为光速的5%。这种情况下，它们被称为高能粒子。在日光层里面有很多高能粒子，但在外面一个都没有。

旅行者1号在到达星际空间时看到的另一事物是宇宙射线。

宇宙射线是被剥离了电子的重离子，它们来自于1000万到500万年前发生的超新星爆发。它们很难进入太阳系，因为风不断地把它们扫出来。但是我们看到它们跳转到一个我们从未见过的强度。我们预测，当我们到外面时，内部粒子会消失，而外部粒子将达到最大值，这正是我们所探测到的。我们还预测，等离子体的密度会更高，我们也测量到了。所以我们获得了我们期待的明显特征。

“旅行者号正处于其时代的最前沿，并且它们教会我们如何准备所有后续的行星任务。”



记者正在就旅行者与天王星在1986年的相遇向埃德提问。

我们没有看到的唯一特征是磁场方向的变化，而我们预期情况会有所不同。它的强度的确发生了跳变，但方向并没有发生改变。我们以为它的方向会改变，但结果它只是变得更强。

旅行者2号暂时不会进入星际空间。

它仍然在太阳周围产生的日光层泡泡内，所以它还需要前进几年的时间。但是因为它遵循着不同的轨道，我们已经看到了不同的东西。例如，旅行者2号穿过的那部分日光层与旅行者1号通过的那部分尺寸不同。

旅行者号最大的成就是揭示了太阳系天体的多样性以及它们各自独特的地质历史。

它们彼此大相径庭，即使它们以相似的方式开始，它们演化的方式也是不同的，它们中的一些目前仍然活跃。艾奥，我们知道它的火山活动是活跃的，但是卡西尼号发现土卫二（恩克拉多斯）上有间歇泉喷发。旅行者号完全改变了我们对行星的看法和我们对太阳系的看法。

展望未来，我认为普遍的共识是不做更多的飞越。

就行星科学而言，现在是时候进入轨道探索阶段，以便我们可以更详细地探究这些天体。你仍然会发现有趣和意想不到的现象。那就是伽利略号所做的事情，也就是卡西尼号要做的事情。

通过旅行者号，我们做了发射它们时想要做的几乎所有事情。

现在技术更先进——计算能力更强，传感器更好。利用过去40多年

出现的技术，我们可以做得更好。旅行者号正处于其时代的最前沿，并且它们教会我们如何准备所有后续的行星任务。

但是有些东西我们不能用旅行者号来探测，比如在星际空间中飘浮的中性原子。

我们只能测量带电粒子。我们不能测量日光层以外的风，至少结果不是很准确——尤其是速度极快的风。所以我们的能力是有限的。有些事情我们当时无法做到，但今天我们可以做到。

旅行者号的任务不会真正结束。

航天器将在绕着银河系中心的轨道上运行数十亿年，大约2.25亿年绕一圈。它们将在那里，携带它们来自地球的信息，告诉可能找到它们的任何生命体关于它们来自的行星的信息。

旅行者号将如何迎接它们的归宿



旅行者号现在在哪里？

旅行者1号

地点：

星际空间

与地球的距离：超过2.13×10^{10}千米（142天文单位）

旅行者2号

位置：日鞘

与地球的距离：超过1.77×10^{10}千米（118天文单位）

撰文：本·斯丘斯

就像年老的运动员一样，两个旅行者号航天器离它们的第45个生日越近，它们就越需要保存自己的能量。旅行者小组估计探测器的放射性同位素热电发电机应该能够再提供几年的电力，但NASA将不得不一个接一个地关闭它们的仪器，以使它们可以尽可能长时间地保持运行——NASA希望可以足够长，能让旅行者2号穿过日鞘，像旅行者1号一样进入星际空间。

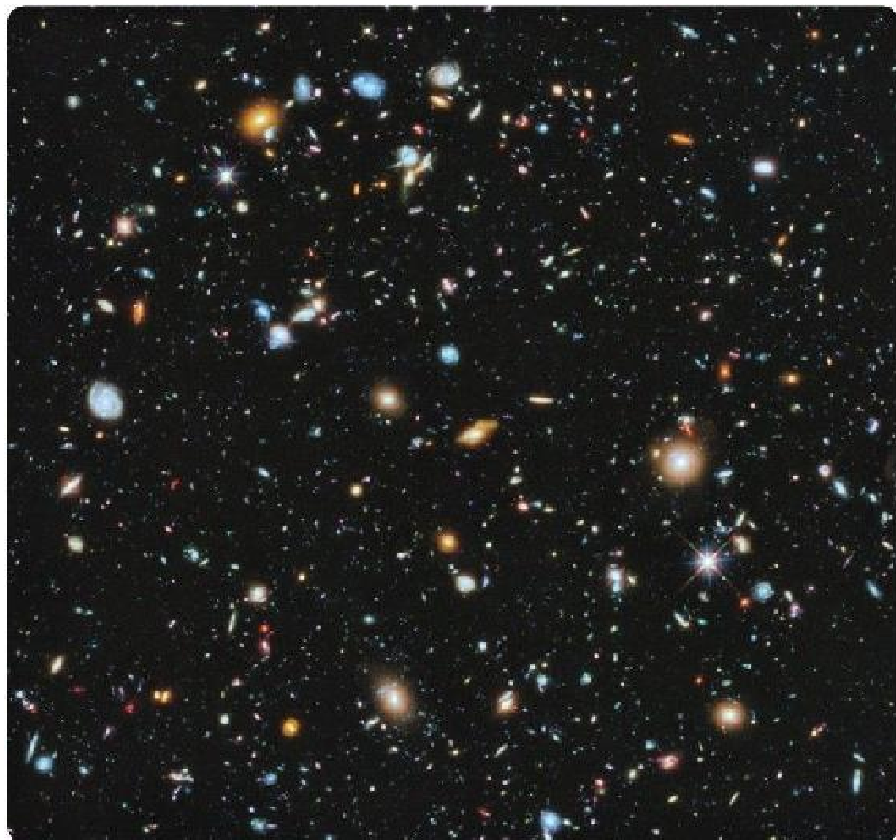
如果最后的科学数据如预期一样，在2025年传送到地球，那时旅行者1号将距离我们169天文单位，而旅行者2号将在142天文单位的距离处。这些数字可能听起来并不大，直到你意识到一个天文单位相当于地球和太阳之间的平均距离，大约1.5×10^{8}千米。它们将远离太阳系中的任何东西，而太阳系中没有东西能减慢它们的速度。它们会载着它们的黄金唱片，冲进深渊。

旅行者号将无法再继续探测和记录它们所经过的环境，将成为昂贵的漂流瓶。尽管概率微乎其微，可能性仍然存在，那就是我们的星际使者可能恰好遇到太空文明的外星人，并让他们知道银河系中有生命，而且期待与他们相遇。

译者后记：宇宙大厨神——星系的形成和演化

经过40多年的飞行，两艘旅行者号飞船都已经脱离了太阳风的“势力”范围，进入星际空间，并继续前行，飞入广袤宇宙的深处。我们知道，宇宙中包含的不仅有我们所处的， 并且旅行者号已经漫游过的太阳系。太阳作为一颗恒星，只是银河系千亿颗恒星中的一颗，而银河系也远远不是宇宙的全部。银河系之外还有其他大大小小的，形态、颜色、质量等各不相同的星系，据估计总数目至少有两万亿个。这些星系是如何形成和演化的，对于我们了解宇宙是很重要的一个问题，也是我自己的主要研究方向。

宇宙中的这些星系，有的和我们的银河系很像，呈现相对扁平的盘子一样的形状，有旋臂从中心向外延伸，如果从侧面看整个星系是一个细长条。有的星系更像一个椭圆球，从哪个方向看都是圆形或者椭圆形的。有的星系颜色发蓝，有的明显是橙红色。对于星系更进一步的研究表明，它们所包含的成分也很不一样。除恒星的组成成分以外，有的星系还包含很多冷的气体，有很多恒星正在形成；而另一些星系里几乎只有热的气体，也没有新的恒星形成的迹象。这些星系的恒星成分的质量也是很不相同的，差别可以超过一万倍甚至更大。



哈勃超深空场的图像。图中所显示的区域仅占全天空面积的约3200万 分 之 一，其中包含了超过5000个星系。

但是另一方面，这些性质差别很大的星系又存在一些共性。例如，大质量星系中红色的比较多，而红的星系更有可能是椭球形的，呈现出盘状或者侧向细长条的相对比较少。这其中也有例外，并不符合大部分星系所遵循的规律。这些千差万别的星系是怎么形成，并且随着时间逐渐演化到我们所看到的样子的？这就是星系形成和演化研究想要解答的主要问题。



椭球星系 ESO 325-G004。



盘状的旋涡星系NGC6744。

然而，要解答这个问题是非常困难的。一方面，相对而言人类的历史太短，星系的演化太慢，我们能看到的只是137亿岁的宇宙刹那间的快照，无法见证星系的诞生和演化的整个过程。即使仔细研究各种观测结果，我们得到的信息也有限。另一个原因是，星系中包含的物质成分各样，涉及的物理过程很多，并且交织在一起相互影响，导致整个图景过于复杂。所以理论模型目前并没有办法完全恢复所有观测，即使是统计方面的共性规律也没有被完全理解。

这就好像我们吃到了一桌满汉全席，每一道菜各不相同，都异常美味，同时享用到更是千载难逢的机会。我们特别想知道每道菜是怎么做出来的，这样回到家也可以一试身手。然而我们见不到打造这桌美味的神秘大厨，无法当面请教，也看不到大厨的操作。我们只能在享用的时候细细品味，努力记住味道，并且拍下菜肴的照片，回家继续琢磨，不断试验。



大麦哲伦星系中的恒星形成区域 LH 95。由图中可以看到较暗的气体和尘埃带，以及正在形成和已经形成的恒星。

宇宙大厨神又是如何做出不同形态的美妙星系的呢？

星系的各种观测结果就好像是我们记忆中品尝到的味道，以及拍摄下来的每道菜的照片。观测天文学家们会仔细分析研究得到的这些有限的信息，借助图像测量星系的亮度、颜色、大小，从光谱中得到速度、组成成分、恒星形成的活跃度等信息，找到决定星系性质的关键因素。另一方面，理论模型研究工作就是不断猜想并试验，努力恢复观测到的结果的过程。

对于星系而言，我们现在知道星系的形成要经历几个主要的过程。宇宙之初并没有恒星，也没有星系，主要是温度比较高的氢气和氦气。当这些气体由于引力作用聚集成足够大的气体团块之后，气体团块会坍

缩并且冷却。冷的气体团块局部密度达到足够大的时候，就会开始形成恒星，而在恒星的形成和演化过程中会产生氢和氦之外的其他元素。

通过理论研究以及和观测结果的相对比我们还知道，气体并不会一直冷却并持续地形成恒星，而是存在某些过程，阻止气体的冷却或者加热已经冷却的气体。后者被称为反馈过程，目前认为由超新星爆发或者星系中心的黑洞吞没周围物质而释放出大量能量造成。此外，星系并不是孤立存在的。有些星系之间的距离相对较近，相互之间的引力会让它们相互吸引不断靠近，最终它们可能会碰撞并合成一个更大的星系（本页图）。这些过程让星系的性质发生融合和改变，使整个形成和演化过程变得非常复杂。

这好像同时烹饪几种不同的食材，用了好几种调料，一种味道会融入其他的味道中，让人有时候无法分辨到底用了什么食材，什么调料。我们只能不断实验，改变食材配比，改变火候。如果经过多次实验，味道还是不对，你会猜测，宇宙大厨神一定有自己的独门秘诀。也许每个菜他都用了我们还不知道的特别的调料，也许有的菜用了特别的烹饪方法。我们只能根据经验和观测去猜测并继续测试。把一道菜试对了就很了不起了，而我们对宇宙中星系的了解就像需要对整桌满汉全席都十分熟悉一样，还要在几天内都做出来，这是一件非常困难的事情。

然而，科学家都是强迫症患者，和好吃佬一样，不达目的绝不罢休。一方面，他们继续对宇宙的观测，并用更先进的技术分析观测结果，希望从观测结果中得到更多的提示，即使是蛛丝马迹。另一方面，实验仍然在继续，对于大厨神秘诀的探究也不会终止。就像旅行者号一样，他们向着宇宙和未知，不断前进。



正在发生并合的两个星系 NGC 4038-4039，又称天线星系。因为潮汐作用而产生的长长的“天线”在这幅照片中没有被包括进来。

1. 封面
2. 扉页
3. 版权信息
4. 目录
5. 内容提要
6. 序言
7. 第一阶段 宏伟的构想
    1. 旅行者号之前的岁月
    2. 3次生命的机会
    3. 核动力奇迹
    4. 旅行者号坎坷的旅程
    5. 旅行者号的伟大里程碑
8. 第二阶段 老朋友
    1. 木星秘密大爆发
    2. 旅行者号的声音 琳达·莫拉比托
    3. 土星上的巨大发现
    4. 旅行者号的声音 卡洛琳·波柯
    5. 暗淡蓝点
9. 第三阶段未知的领域
    1. 冰巨人的未知领域
    2. 旅行者号的声音 邦妮·布拉蒂
    3. 太阳系的全家福
    4. 再见，太阳系
    5. 旅行者号的声音 苏珊娜·多德
10. 第四阶段 伟大的遗产
    1. 来自旅行者号的经验
    2. 给星星的留言
    3. 旅行者号的声音 埃德·斯通
    4. 旅行者号将如何迎接它们的归宿
11. 译者后记：宇宙大厨神——星系的形成和演化

1. 开始阅读
2. 封面
3. 书名页
4. 版权页
5. 正文

BBC

BBC夜空探索

BACK GARDEN ASTRONOMY

简明观星指南

[英] BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*)杂志 编
李海宁 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目（**CIP**）数据
简明观星指南/英国BBC《仰望夜空》杂志编；李海宁译．--北京：人民邮电出版社，2019.10
（BBC夜空探索）
ISBN 978-7-115-51725-8
I．①简…　II．①英…②李…　III．①天文观测—普及读物　IV．①P12-49
中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第155709号
版权声明
Sky at Night: Back garden astronomy
Originally published in the English language by Immediate Media Co. Bristol Limited
Copyright © Immediate Media Co. Bristol Limited
All rights reserved.
Chinese translation copyright © POSTS & TELECOM PRESS Co., LTD 2019
BBC is a trade mark of the British Broadcasting Corporation and is used under licence. BBC logo©BBC 1996.
编　　　［英］BBC《仰望夜空》（*Sky at Night*）杂志
译　　　李海宁
责任编辑　王朝辉
责任印制　陈犇
人民邮电出版社出版发行　北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164　电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京东方宝隆印刷有限公司印刷
开本：787×1092　1/16
印张：7.25
字数：277千字
2019年10月第1版
2019年10月北京第1次印刷
著作权合同登记号　图字：01-2018-3880号
读者服务热线：（**010**）**81055410**　印装质量热线：（**010**）

81055316
反盗版热线：（010）81055315
广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

目录

内容提要
序言
认识夜空
- 恒星、星座和星群
- 恒星的亮度和星等
- 为什么星星会移动
- 天球
- 黄道
- 星星的名字和星图
- 在户外和夜晚的第一次亲密接触
- 星桥法的奥秘
- 观星的正确姿势
- 视宁度和大气透明度
- 如何应对光污染
- 记录日志

器材和建议
- 平面天球星图介绍
- 双筒望远镜物超所值
- 你的第一个天文望远镜
- 了解你的望远镜的状况
- 了解视场
- 了解望远镜的底座
- 赤道仪
- 自动寻星望远镜
- 挑选配件
- 目镜入门
- 挑选目镜
- 理解滤镜
- 天文摄影

观测太阳系
- 月球

- 十大月球观测景点
- 太阳
- 日食与月食
- 行星
- 岩石行星
- 气体与冰的“巨人”
- 木星和土星的卫星
- 流星
- 彗星
- 国际空间站和人造卫星
- 夜光云
- 极光秀

观测深空天体

- 银河系
- 梅西耶星云星团表
- 双星
- 变星
- 星团
- 星云
- 星系
- 天文大揭秘

译者后记：星北空半摄球影的和最佳科观普，星地天文—学博莫纳士的克亚殊途天文同归台

内容提要

《仰望夜空》（*Sky at Night*）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了观星的方法及技巧。书中从认识夜空所需的基础知识讲起，详细讲解了双筒望远镜和天文望远镜及其配件的使用方法，并重点介绍了夜空中各种天体的观测方法，包括我们的太阳系及其他深空天体等。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



和大多数人一样，我第一次体验真正黑暗的天空是在小时候度假时，每年我和家人都会离开伦敦北部的家，去看望在多塞特郡的奶奶，在那里，迎接我的是比想象中更多的绿色空间，牲畜的怡人气味，还有太阳落山后令人叹为观止的漆黑天空。

当然，除了一堆星星的沼泽之地外，我不知道我正在看的是什么。一个奇妙的，闪闪发光的沼泽之地，一个永远都在那里的星星的沼泽之地。有这么多东西要看，你该从哪里开始呢？很多人都有如此疑问。

在本书中，我们的目标是让夜空变得不再那么令人眼花缭乱。为了让你在深邃的星空下更好地度过一个观星的夜晚，在这里，你能找到你所需要知道的知识。我们从最基本的知识开始，包括天空为什么会动，星座是什么，为什么你需要它们，如何绘制天体的位置，以及你在第一次观星过程中该寻找什么等。接下来我们将讨论观星装备，讲解如何选择望远镜，双筒望远镜的价值以及你可能会购买的配件等。最后，我们将从壮丽的行星讲起，介绍流星、彗星和极光等无数美好的星体及现象的观测方法。

这是你星际冒险的开始，你要清楚，你不需要从黑暗的多塞特郡开始。在郊区的花园，你也可以看到夜空中的很多东西。

最后就只剩下一件事要告诉你了，那就是天文学家所说的“祝你好

运”，希望你能遇到晴天。

Kev

凯夫·洛春

BBC《仰望夜空》杂志编辑

认识夜空

夜晚的天空是如此神奇诱人，又常常令人困惑——这就是为什么本书开篇将完全致力于帮助你学习基础知识。从恒星开始，我们将解释天文学家如何将天空中的这些亮点分门别类，我们又如何将恒星组合起来形成星座，并将它们作为确定方向的路标，以及如何定位星团、星云和星系这些深空的居民。

我们还介绍了一种以地球为中心，把围绕着我们的恒星视为在一个球面上的观测方法，这对于绘制夜空图和记录每夜的天象非常有用。

一旦你掌握了这些基本知识，你肯定会从观星中获益颇丰。我们还总结了一些实用的建议，如你第一个夜晚在外面可以做些什么，所有初学者都需要知道的一些小贴士，以及如何处理光污染等。

恒星、星座和星群



星座是灿烂星空中展现出的“地标”，这里我们能看见狮子座。

千年以来，天空中的一些图案一直在被观察并被神化着。

夜空中可以看到各种各样的天体：著名的行星、稀疏的星云、遥远的星系，以及彗星和流星等短暂的来客。不过，我们的观星之旅最好还是从恒星开始。

乍一看，天上的星星似乎数不清，而且真的可能是无穷无尽的。在晴朗的夜空，仅用肉眼你就能看到几千颗星星；而通过一个双筒望远镜或一个小型天文望远镜，你就能看到上万颗星星。你能看到的所有恒星都存在于银河系，它是包含了大约两千亿颗恒星的家园。

恒星是内部发生核聚变反应的热等离子体球。核聚变将质量较轻的元素转化为更重的元素，如氢转化为氦，然后通过一系列的反应循环转化为碳、氮、氧，再转化为铁，释放出能量，使恒星发光。

闪耀的惊喜

如果目光扫过夜空，你会注意到，并非所有的星星都闪耀着同样的光芒，也不是所有的星星都有同样的颜色。星星是由多彩的金黄色、温暖的橙色、闪耀的蓝宝石色和鲜艳的红色组成的闪闪发光的队列。事实上，我们看到的不同颜色取决于每颗恒星的表面温度：温度越高，发出的光就越接近蓝色。恒星在其生命的中期会变得更接近黄色，当它们开始耗尽燃料并最终冷却下来时会变成红色。凝视足够长的时间，你会注

意到星星并非静止不动，而是在天空背景中逐渐移动的。再读几页，我们就会知道为什么会这样。

天空被分成称为星座的不同区域，每一个星座的划分都是基于一种民间传说或神话中的物体、动物或人物的图案组合。有些图案大而明显，而有些图案较小并且明亮的星星较少，需要一点想象力才能理解它们是基于什么命名的。

构成每个特定形状星座的恒星不一定彼此接近——事实上，它们中的许多相距遥远，只是从我们站在的地球上来看，它们在天空中看起来相距很近。

星座类型

现代天文学中有88个公认的星座，由它们一起覆盖了整个天空。这些并不是曾经存在过的所有的星座，更多的星座已经消失在黑暗中，被分割或丢弃。但这88个星座是你需要知道的，大多数人至少会知道12个星座，它们组成了黄道十二宫（然而在天文学中，有13个黄道带星座，额外的一个是蛇夫座）。

因为星座横跨整个天空，从更广的意义上来说，这意味着每个天体都可以在某个星座内被找到。对于太阳系以外的天体，如星系和星云，它们所在的星座是“固定的”——它们总是出现在那个星座中。而太阳系内的天体，如月球和其他行星则似乎是在星座间移动的。

特别明亮和容易识别的恒星图案被称为星群，它们可以由单个星座内的恒星组成，也可以跨越多个星座。例如，北斗七星完全由大熊星座内的恒星组成，而夏季大三角则由天鹅座、天琴座和天鹰座中最亮的恒星组成。

正是这些明亮的图案，被天文学家们当作“路标”，帮助他们识别其他恒星，并找到通向深空中其他那些发着微光的居民的道路。

初学者的星座图

推荐给业余爱好者的北半球主要星座图。



大熊座

象征：女神卡利斯托被宙斯嫉妒的妻子变成了一只大熊。

英国最佳观测时间：全年（译者注：实际这是北半球中纬度国家的最佳观测时间）。包含：北斗七星，容易被分辨的开阳双星。



猎户座

象征：猎户座是海神波塞冬和蛇发女妖欧律阿勒的儿子，他是个有天赋的猎人。

英国最佳观测时间：12月至3月。

包含：壮观的猎户座星云和猎户座腰带星群。



小熊座

象征：阿卡斯，宙斯和卡利斯托之子，被嫉妒的赫拉变成了一只小熊。

英国最佳观测时间：全年。

包含：北极星。

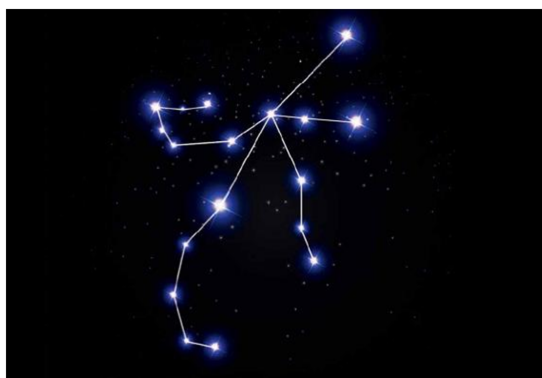


仙后座

象征：卡西俄珀亚女王，仙女座公主安德洛梅达的母亲，她被送上天空以作惩罚。

英国最佳观测时间：全年。

包含：W形状。



英仙座

象征：希腊英雄珀尔修斯。

英国最佳观测时间：8月至4月。

包含：大陵五星，初学者最好认的变星；英仙座流星雨。



飞马座

象征：飞马珀伽索斯，海神波塞冬和美杜莎的后代，英雄柏勒罗丰忒斯的坐骑。英国最佳观测时间：8月至12月。

包含：飞马座大四边形。



仙女座

象征：安德洛梅达（希腊神话中的埃塞俄比亚公主），她被绑在一块岩石上准备被鲸鱼座吃掉。

英国最佳观测时间：8月至12月。

包含：梅西耶天体M31，银河系的“老大哥”星系，距离地球250万光年。



武仙座

象征：罗马神话中的英雄，源自希腊英雄赫拉克勒斯，他正举着他的大棒子。

英国最佳观测时间：4月至10月。

包含：梅西耶天体M13，它是北半球最亮的球状星团。

恒星的亮度和星等



快速一瞥夜空你就会发现，并非所有的星星都一样亮。

知道并非所有的星星都一样亮将有助于你在夜空中确定方向。

偶尔夜空中会闪耀着光芒，这是一幅极棒的景象。在雨后或者别的时候，空气中的尘埃被清除了，星星看起来美极了。

这样的夜晚是真正值得纪念的，它展示了宇宙的美丽和庄严，更确切地说，展示了宇宙的一小部分。在这样的时刻，我们似乎能看到许许多多的星星，其中最精彩的星星看起来比平常更加引人注目。这种效应甚至可以发生在建筑密集的地区，由于空气清新，路灯照亮的范围没有那么大，因此光污染更少。

有一件事是显而易见的，那就是并非所有的星星都发出同样的光芒。有一些是非常明亮的弧形光芒，一些是中等亮度的，还有许多比较暗淡的恒星，相对难以辨别。

恒星看起来的亮度被称为“视目视星等”，你可以把它写成“视星等”“目视星等”或“星等”，也可以把它缩写为“mag.”，就像我们在本书中所做的那样。

星等标度的奇怪之处在于，编号系统是逆向的——恒星越亮，给出的数字就越低。所以一颗mag.＋2.0的恒星比一颗mag.＋5.0的恒星更亮。为什么有正号呢？那是因为有比零等星更亮的恒星——标度会扩展到负数。

为了弄清楚原因，我们要倒回到2000多年前，试想一下古希腊人是如何尝试理解天空的。

古希腊天文学

如果你能回到古希腊，你要去寻找天文学家和数学家依巴谷。他最初对夜空的想法可能与你一样：很明显，不是所有的星星和其他天体都有同样的亮度。

依巴谷称这种亮度的变化为“星等”，并以此为基础将恒星分为6组。他把最明亮的恒星归为1星等，把亮度稍暗的恒星归为2星等。以此类推，一直到6星等，这类星通常是肉眼能看到的最暗的恒星。

那时望远镜还没有被发明出来，所以用肉眼能看到的就是这些星。如今，我们不仅能看到比依巴谷能看到的更暗弱的天体，而且还能更准确地测量和重新确定依巴谷原来确定的星等。他发明的基本星等系统被原封不动地保留下来，但新与旧的结合带来了一些有趣的变化。

现在，我们认为一个星等和下一个星等之间的数学差异大约是2.5倍。这意味着1星等的恒星比6星等的恒星约亮100倍。通过这一过程，天文学家们意识到，在依巴谷的1星等的恒星中，一些恒星的亮度相差很大，因此，星等标度不得不向更亮的方向扩展，变成负数。所以夜空中最亮的恒星，即大犬座的天狼星，亮度是mag.-1.5。

这一标度的暗端现在是无限制的，随着我们发现越来越暗的恒星，它的范围也在不断扩大——一个15.24厘米（6英寸）的业余望远镜可以观测到像mag.＋13.0这样暗的天体，而哈勃空间望远镜则观测到了mag.＋31.0的天体。

为什么星等很有用

知道一颗特定的恒星、行星或深空天体的目视星等也能让你对它在天空中的模样有所了解。例如，你可以很容易地在小型望远镜中找到位于狐狸座的亮度为mag.＋7.5的哑铃星云，但寻找英仙座中暗淡的mag.＋10.6的小哑铃星云将是一个更大的挑战。观测还有许多其他的事情需要考虑，比如天体的大小和使用的器材，而目视星等是一个很好的出发点。

依巴谷设想的星等系统是恒星分类的一种方式，但今天我们将其应用于所有的天体。金星的亮度可以达到mag.-4.5，满月的亮度可以达到mag.-12.7，而太阳的亮度可以达到mag.-26.8。

绝对令人难以置信

到目前为止，我们只讨论了视星等，也就是恒星在地球上看起来有多亮。它没有告诉我们一颗天体到底有多亮——它的“绝对星等”。亮度随着距离的增加而降低，所以一颗非常明亮的、在很远地方的恒星可能会比一颗离我们更近的暗弱恒星看起来更暗。以天狼星为例，如果它到地球的距离与太阳到地球的距离相同，它看起来就会比我们的太阳还要亮。

为了确定一颗天体的绝对星等，我们计算它在10秒差距（32.6光年）之外的特定距离下的亮度。通过这样“放置”天体，我们可以“看到”它们之间的区别。

依巴谷和他同时代的人对这样遥远的距离一无所知。仅仅靠仰望星空，并不能轻易地发现距离的区别。所有天体看起来都离地球一样远。绝对星等让我们对一颗天体的真实性质有了一些了解，但它与其在望远镜中呈现出的模样无关。令人高兴的是，大多数星图和观测指南都将天体的视星等作为标准。

能看到的最暗的恒星

- 在有光污染的夜空最暗可见：mag.＋3.0。
- 在黑暗的观测地点最暗可见：mag.＋6.5。
- 用10×50的双筒望远镜最暗可见：mag.＋9.5。
- 用15.24厘米（6英寸）天文望远镜最暗可见：mag.＋13.0。

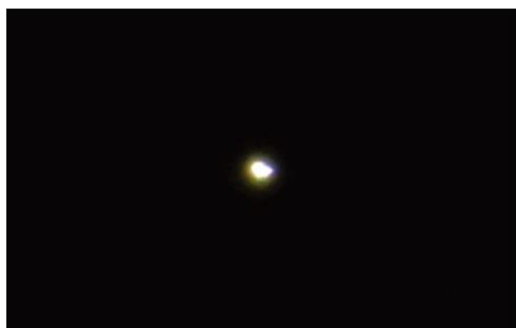
最明亮的10颗天体

北半球夜空中最明亮的天体。



月球

mag.-12.7



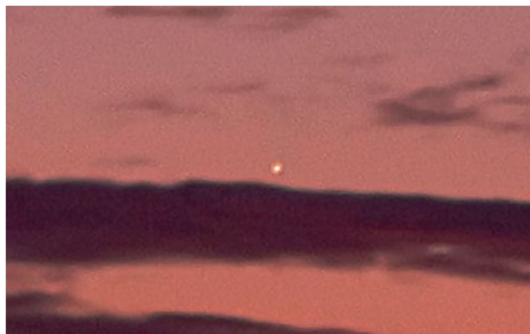
金星

mag.-4.5（最亮时）

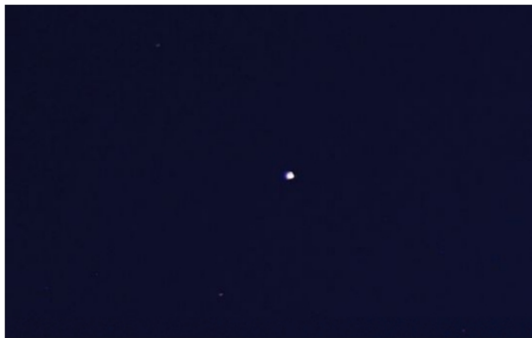


火星

mag.-2.9（最亮时）


木星
mag.-2.8（最亮时）

水星
mag.-1.9（最亮时）

天狼星（大犬座阿尔法星）
mag.-1.5



土星

mag.-0.2（最亮时）



大角星（牧夫座阿尔法星）

mag.0.0



织女星（天琴座阿尔法星）

mag.0.0



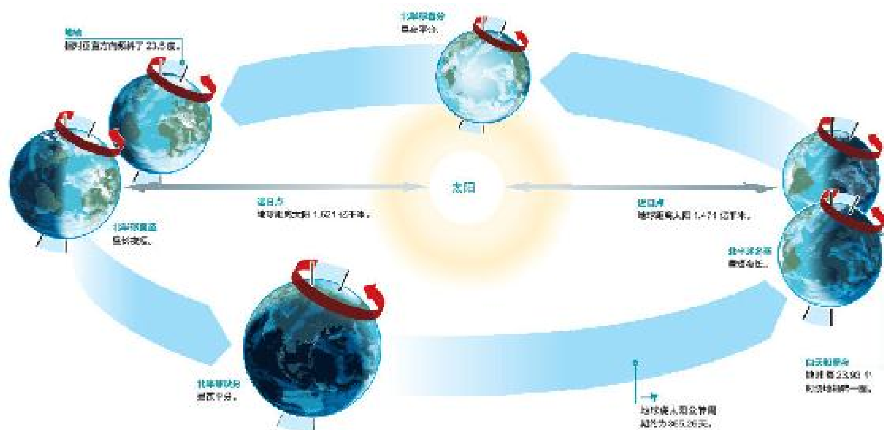
五车二（御夫座阿尔法星）

mag. +0.1

为什么星星会移动

地球绕太阳的公转之旅

当地球绕太阳公转时，地球绕着倾斜的自转轴转动。这样北半球和南半球只会有一个半球能获得更多的阳光直射，从而造成了四季更迭。



地球本身的运动让星星看上去是在天空中移动。

我们认为地球在自转，并绕着太阳公转。我们也必须这样认为，因为当我们的星球在太空中穿行时，我们任何人都无法感受到它的旋转或速度。

回想一下在你7岁的时候，当你被告知太阳穿过天空是因为地球每天绕地轴自转一次，你还没来得及反应过来就又被告知地球绕太阳转一圈需要一年。

在这种情况下，一天就是一个太阳日，我们的行星地球自转一周所需的时间是24小时。而地球绕太阳公转一圈，则需要一年的时间。地球绕地轴自转给我们的印象就是太阳和其他所有天体都在天空中运动。

许多人认为地球经历四季是因为它与太阳的距离在变化。地球和太阳之间的距离也确实在变化，我们星球的轨道轨迹略如椭圆（压扁的椭圆形）而不是圆形，这导致地球离太阳最近的点（近日点）的距离和其离太阳最远点（远日点）的距离相差500万千米。你可能会很惊讶，在北半球的冬季时，地球在公转轨道上距离太阳最近，近日点一般发生在1月3日左右。

季节的产生是由于地球绕着太阳公转时，它还绕着一个倾斜的地轴自转，从而改变了全年照射到每个半球的日照时间。地球仪模型显示：地轴相对于公转平面的垂直方向倾斜23.5度。上图中，你可以发现这个倾斜与我们绕太阳的公转轨道有关。

天壤之别

当北极向太阳倾斜23.5度时，南极在相反方向有同样的倾斜角度。对于北半球来说，这一天（夏至）的白昼时间最长，而对于南半球来说，这一天（冬至）白昼时间最短。6个月后，倾斜发生了逆转，南极向太阳倾斜，北极向反方向倾斜，这标志着北半球白昼最短的一天和南半球白昼最长的一天的到来。当地球绕着太阳运行时，它的自转轴地轴相对于太阳总是向同一个方向倾斜。

地球的运动不仅仅创造了季节，也解释了为什么我们看到的星座会发生变化。我们此前提到过一个太阳日是24小时，但地球的自转周期实际比24小时短了近4分钟——也就是只需23小时56分钟，天空中的星星就会回到相同的位置，而这样的一天被称为恒星日。造成这种差异的原因是，从一天到第二天，地球完成了它绕太阳公转轨道的1/365。所以每天晚上，如果你朝正东看，你会看到一个稍微不同的空间区域。

太阳日和恒星日之间的时差虽然很短，但这会导致星星每天提前4分钟出现。几周或几个月后，这会导致夜空中可见的星座发生变化。而12个月后，这些星星将会回到一年前的位置。



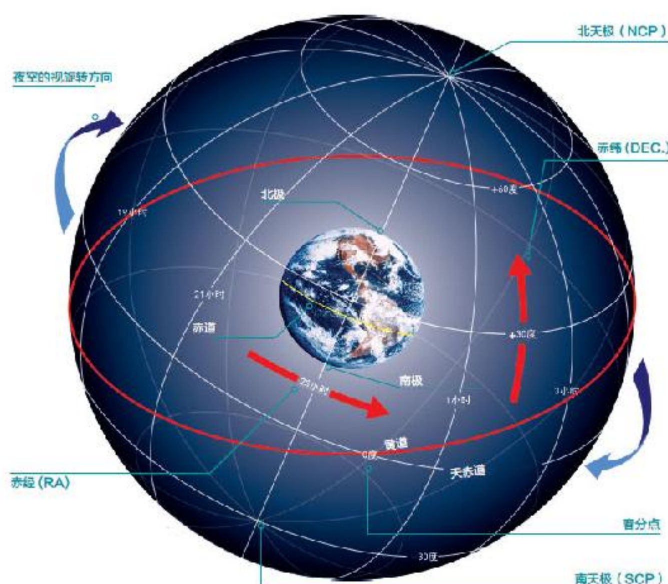






地球在太空中的运动导致星星每天晚上提前4分钟升起，这会导致星座在一年中的移动。

天球



天球: 地球位于这个体系的中心，恒星看起来就像是“固定”在天球上移动一样。跨越天空的假想线条让定位恒星就像阅读地图一样简单。

在太空中，单颗恒星之间的距离远得令人难以置信，但现在，你可以先忘掉这一切。尽管我们可以坐在花园围栏里拿着一杯茶慢慢地讨论这一点，或者它能帮助你赢得一个棘手的酒吧竞猜游戏，但是知道天鹅座的天津四到地球的距离是天琴座的织女星到地球距离的70倍并不能真正帮助你了解天文学。

事实上，天体距离我们都很远，为了便于观察，我们可以把它们都看作是处在相同的距离上。这一点也适用于数十亿光年外的遥远星系，就像它适用于几十万千米外的月球一样，同样也适用于距地球几百千米的人造卫星。

假设所有物体都处在同一距离上有什么意义呢？它使我们能够借此描述一个天体相对于其他任何天体的位置，并同时确定它在天空中的位置。这一切都是通过一个被称为“天球”的假想结构来完成的。

我们把地球看成一个有南北两极的球体，天球也是如此，它是一个更大的，以地球为中心，有着自己的南北两极的球体。这些极，即我们所知的南天极（SCP）和北天极（NCP），位于它们在地球南北极的对

应点之上。

如果你站在地球的北极，直接向上看，你会看到北天极。巧合的是，有一颗mag.＋2.0的恒星非常接近北天极，这颗恒星就是位于小熊星座的北极星，它是北半球任何位置上的北天极标志。

在地球赤道的正上方是天赤道，这是一个假想的把天球分割开的圆。在地球两极向地平线看去，出现的恒星位于天赤道上。在地球的赤道上观测，天赤道会从地平线东方直接延伸到地平线西方，在你头顶上形成一个弧形，天球的两极位于你的南北地平线上。

在一年的时间里，赤道上的观测者可以看到整个天球，而两极的观测者只能看到天球的一半。在地球两极和赤道之间的任何一点，你都能看到来自两个半球上的一些恒星。

赤经和赤纬的说明

每个天体都有其以赤经和赤纬表示的天体坐标。例如，天鹅座天津四的坐标是赤经20小时41分25.9秒，赤纬＋45度16角分49角秒。

在赤纬中，1度在天空中是一个相当大的单位——实际上是满月的两倍宽！所以，1度分为60角分，每个角分又分为60角秒。数字前面的＋或-表示它是在北半球（＋）还是南半球（-）。

赤经是以小时、分、秒的形式书写的（与常规时间相同，而不是以弧度的形式）。赤经1小时描述了由于地球自转1小时而造成的天空运动——15度，因为15乘以24（小时）等于360度，因此24小时代表了天空运动了一圈。

毋庸置疑，所有的星图都是由赤经赤纬分隔好的，因此不需要进行任何转换，只要画出位置，你就会找到天津四。

为什么天文学家需要用赤经和赤纬



这些刻度盘能帮助你跟踪天体，它们替代了自动寻星装置。

许多受欢迎的观测目标都是很小或很微弱的，即便使用星桥法我们也很难通过目镜将其定位。利用赤经和赤纬坐标系统，我们可以很容易地找到这些难以寻找的天体。某个天体的坐标通常可以从不同的来源找到，如星图、网络搜索、天象软件或手机应用程序等。如果你有自动寻星系统，就能计算出其数据库中有的任一天体的位置，并自动指向天空中的正确位置。然而，你也可以使用手动赤道仪上的刻度盘。首先，在你的目标附近找到一颗明亮的星星，仔细地输入坐标并检查其位置。移动赤经和赤纬刻度，直到它们与目标的坐标相匹配，再通过低倍率目镜进行观测。

天球上还有第二条重要的线需要你注意，叫作黄道，它代表了太阳全年的轨迹。我们将在这里讨论黄道为何如此重要：因为地轴相对于公转轨道倾斜23.5度，这也是黄道相对于天赤道的倾斜角度。

坐标描述

在天球上绘图和在地球上绘地图相似。你们应该还记得，在学校的地理课上，我们用纬度和经度来确定地球上的位置。赤道是最著名的纬线，也是测量北或南坐标的起点，我们称之为纬度0度。我们使用度，因为当我们在地球上或在天球上定位时，使用的是角度测量。当我们沿着地球向北或向南移动时纬度增加，在北极达到最大值90度N或在南极达到最大值90度S。

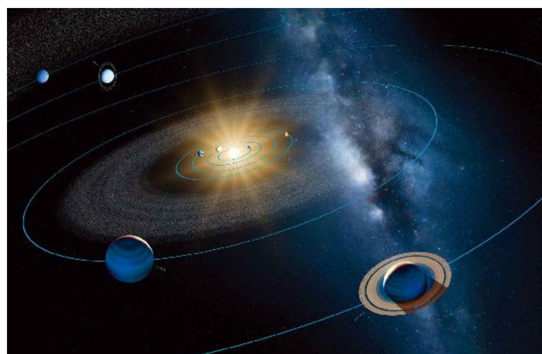
与此同时，经线从北极开始，沿着地球“向下”运行，穿过赤道，在南极结束。它们在平面上从东到西定位物体，也用度来测量。经度会跨越赤道一周所有的点（一个圆），总共有360度。实际上，我们向东或向西各移动180度，最终相加刚好为360度。

对于天球，我们把整个地球的经纬度网格抛向天球——得到一个翻版的图像。我们没有直接使用天体纬度和天体经度这种名称，这没有什么特殊原因，对这一切了解的比较清楚的人使用了别的名称。所以我们有了对应纬度的“赤纬”和对应经度的“赤经”这样的名称。我们可以用这些坐标来描述夜空中任何天体在天球上的位置。

赤纬表示一个天体在天赤道上方或下方的相对位置，并以度，角分

和角秒来表示。赤经是以小时、分钟和秒为单位，从天球上被称为春分点的那一点向东度量角度的，春分点是整个天球网格的零点。它也是3月春分太阳在天球上的位置，太阳在这一天通过春分点穿过天赤道——3月的这一天昼夜几乎等分。

黄道



行星在同一轨道平面上运转，这归因于数十亿年前太阳系的形成过程。

黄道是太阳的运行轨迹，是天文学家用来划分夜空的两条重要线条中的第二条，你可以在它的附近找到太阳系的其他行星。

直到17世纪初，太阳绕地球运转的观点仍被大多数人完全接受。我们的祖先想当然地相信地心模型（以地球为中心）的原因在于，这就是我们的天空看起来正在发生的情况，或者说看起来似乎就是这样。

从我们的星球上看去，在一年的时间里太阳都在围绕着我们运转。正如我们现在所知道的，事实并非如此。我们的地球和太阳系中所有其他行星一样，都绕着太阳运行。但是这种太阳绕地球运转的错觉形成了天空中最重要的标志之一，即我们称之为黄道的那条线。

黄道是太阳在天空中运动时留下的一条看不见的轨迹。你可以这样想象：如果太阳像宇宙中的汉塞尔和格莱托（译者注：歌剧《奇幻森林历险记》中的人物）一样，把面包屑撒在身后，它就会留下这样的痕迹。我们总是可以在黄道上找到太阳，而黄道也代表着别的东西——地球的公转轨道平面。

盘的形成

太阳系中所有的行星都有着与地球类似的公转轨道平面。数十亿年前，当太阳系形成时，围绕着我们这颗新生恒星的尘埃和气体在引力的作用下被吸进了一个圆盘。我们今天所知道的行星都是在这个圆盘内形成的，因此它们都有着类似黄道的平面。简单地说，当行星可见时，它

们总是靠近黄道这条轨迹的。

正是这种太阳和行星的“共面”性质使得许多吸引天文学家的事件经常发生。当我们的月球和太阳排成一条直线时，我们会看到日食。当某颗行星与另外一颗行星或是月球出现在天空中同一区域时，我们称之为合。即使是看似罕见的事件，如（金星）凌日，实际上也是被非常频繁使用的天文术语。

昼夜等分

黄道与天赤道相交的两点标志着昼夜时间大致相同的时刻。这两个点被称为二分点，来自拉丁语，意思是“昼夜等分”。在北半球，3月中旬时的春分预示着春天的到来，而9月中旬时的秋分则预示着秋天的开始。在轨道上的这两点时，地球相对于太阳没有倾斜。

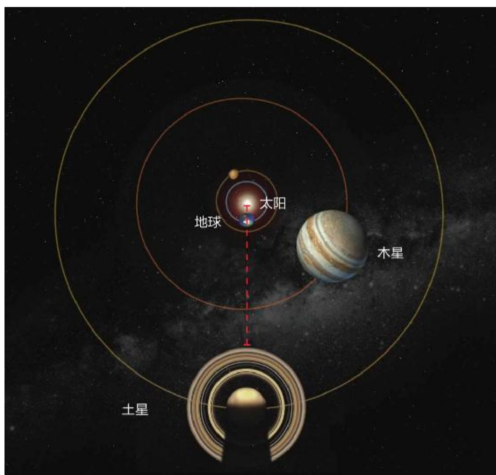
从3月的春分开始，白天慢慢变长，直到6月中旬，地球到达其轨道上相对于太阳倾斜最大的点——夏至点。在北半球，这是一年中白天最长的一天。在这一点上，黄道和天赤道相距最远。

6个月后，也就是12月中旬，又到了冬至，此时两极相对于太阳的倾斜度完全颠倒。在北半球，这是一年中白天最短的一天。

行星冲日

当太阳、地球和另一颗行星形成一条线，而地球在中间时，另一种太阳系共面形成的结果——冲（日）就发生了。从我们的角度来看，这颗行星在天空中与我们的恒星太阳处于相反的位置。因此，只有那些公转轨道距离太阳比地球更远的地外行星才会形成冲。

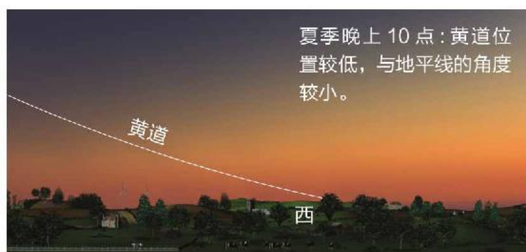
处于冲位置的行星通常离地球最近，因此看起来比其他任何时候都更大，由于它正对太阳，因此行星也会比平常更亮。



行星在冲时往往是最大最亮的。

黄道的变化

太阳总是位于黄道上，所以在任何晴朗的日子里都能很容易地指出黄道的位置。纵观全年，我们知道太阳——同时也是黄道——在夏季白天的天空中更高，而在冬季则更低。但是晚上呢？如果能够找到夜幕降临后天空中黄道的位置，那你就能找到你可能发现行星的位置。



春季

黄道在早上位置较低，在晚上它从东到西横跨天空，让黄昏的天空成为观看水星和金星的最佳时间，因为这两颗行星从不远离太阳。

夏季

在夏天，黄道在黄昏时仰角较低，因此行星都陷入大气的黑暗中。黄道的方向在晚上从西北转向东南，早上从东北转向西南。



秋季

与北半球春天的景象相反，黄道在傍晚位置较低，但早上它则从东到西横跨天空，使得清晨成为观看水星和金星的最佳时间。

冬季

黄道在夜晚高度相当高，黄道的高度会越来越高，在午夜达到最高点。这是观察行星的好时机，因为此时观测受到大气的影响较小。

星星的名字和星图

了解天文学家如何命名恒星对我们在天空中把握方向至关重要。

在从地球上可以看到的数千颗恒星中，只有几百颗被赋予了专有名称，其中大部分是古代天文学家提出的。许多名称都是基于阿拉伯语短语的音译，而这些短语描述了恒星在星座中的位置——例如，英仙座的大陵五（Algol）源自“Ra's al Ghul”，意思是“恶魔的首领”。它代表被英雄珀尔修斯高高举起的蛇发女妖美杜莎的眼睛。其中一些亮星的命名完全是基于它们自身的优点，比如天狼星，它是天空中最亮的星星，这个名字来源于一个古希腊单词，意思是“烧焦的东西”。

我们所掌握的大部分关于希腊人的思想和星座规划的信息，都来自于大约公元150年由数学家和天文学家托勒密撰写的一部多卷巨著*Almagest*（也被称为《天文学大成》）。1000年后，这本“书”传到了意大利，并被翻译成拉丁文，这就是为什么我们有拉丁名字的星座，直到今天。

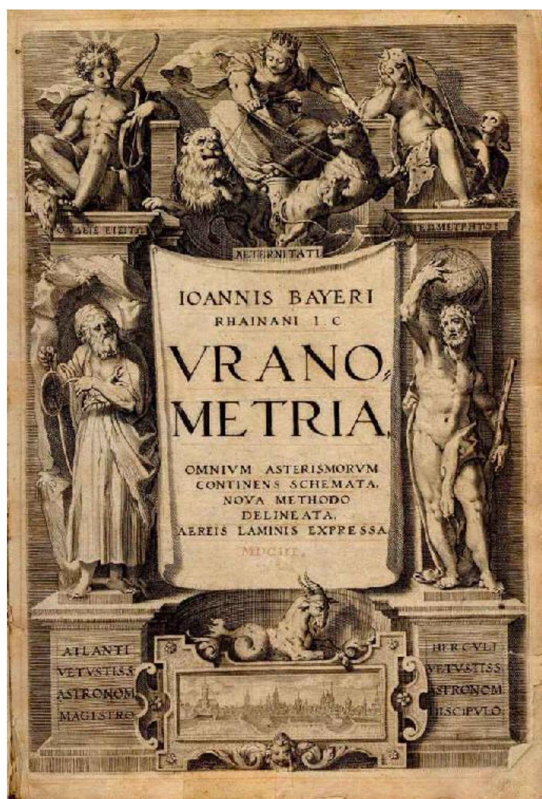
直到17世纪初，这仍然是唯一被我们广泛接受的恒星命名，但德国天文学家约翰·拜耳在1603年出版了他的恒星星图《测天图》，改变了这一体系。为了向早期的天文学家表示敬意，他用希腊字母为星座中最亮的恒星命名——通常，最亮的是阿尔法（Alpha），然后是贝塔（Beta），一直到欧米茄（Omega）。所以天狼星在大犬座——也被称为大犬座阿尔法（α）。希腊字母穷尽后，他又使用拉丁字母。

归属感

你会注意到，当用来描述一颗恒星时，星座名字的拼写是不同的。这是星座名称的属格形式，意思是“属于”。所有的星座都有这个拉丁词的所有格，例如“Geminorum”表示“属于双子座”。它们也有3个字母的缩写：大犬座（Canis Major）的所有格是CMa，所以你可能会看到天狼星被称为“α CMa”。

我们说阿尔法星“通常”是最亮的，因为在少数情况下，拜耳要么弄错了，要么是他用了不同的约定方式。例如，在猎户座中，参宿七就比

参宿四更亮，但参宿四是猎户座的阿尔法星，表面上是因为拜耳认为它们的亮度相似，但由于参宿四会首先升起，所以简单地将其命名为阿尔法星。



拜耳的《测天图》使用的恒星位置数据比托勒密使用的数据更精确。

拜耳的方法不是唯一的恒星星表——事实上几乎夜空中的每一颗恒星都是这个或那个星表的一部分，但拜耳的星表是被引用得最广泛的。在其他数不清的恒星星表中，也许最有用的要属约翰·弗兰斯蒂德的星表，他根据星座来组织恒星，并给它们指定一个数字。在这个方案中，天狼星是大犬座9号。

就像希腊语一样

了解希腊字母表是很有价值的，这样才不会把拜耳命名当作鸡蛋、鱼，还有你们在数学课上胡乱写的符号。



星图到星图

这就是恒星的命名方式，但你如何把这些知识应用到夜空中呢？答案是查阅星图。恒星最常见的标志就是他们的拜耳名称，或者在没有拜耳名称时的弗兰斯蒂德编号。

在星图中，你会马上注意到，明亮的恒星是由最大的点表示的。虽然所有的星星都是真实夜空中的光点，但在打印出来的纸张上，不好用其他任何方式显示它们的亮度。此外，如果你的星图碰巧是圆形的——就像天文杂志上经常看到的每月的全天星图一样，请注意星座会在边缘出现扭曲。当一个三维的天空穹顶被夷平时，地平线上的天空就会被拉长，这就意味着恒星的图案与天空中的不匹配。

尽管当你想了解天空时，星图是至关重要的——但它们不仅仅是恒星的位置和亮度。有了不影响星空全景图的符号，你可以识别亮度变化的恒星，或者与另一颗恒星一起出现的恒星，形成“双星”。根据不同的星图，其他天体如星云、球状星团和星系也可能会有额外的符号。

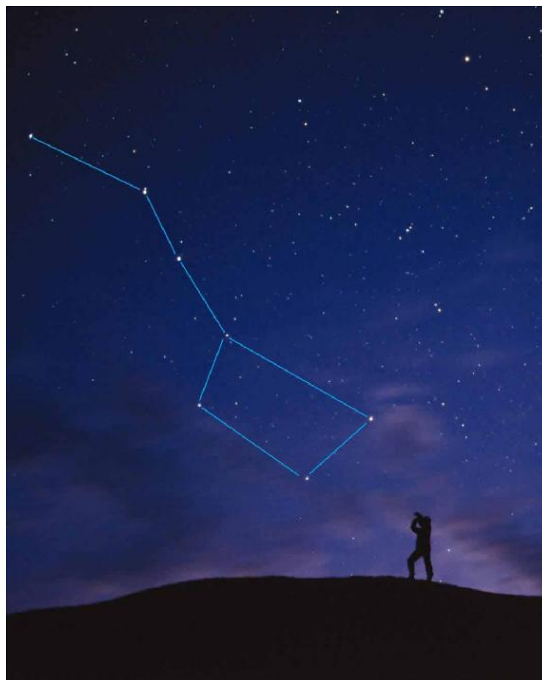
一个有用的星图应该有详细的不同图表。例如，可能有一般的季节

图或月图，一些星座的特写，可能还有一些深空天体的位置图。星图还可以显示黄道和天球赤道，以及赤经和赤纬的坐标线。作为一个初学者，你可能会经常使用季节性或月度星图，所以要确保你喜欢它们的风格。

在户外和夜晚的第一次亲密接触



好了，你在北半球找到了一个很好的暗夜观测点，这也是你第一次观星之夜，那么你该从哪里开始呢？

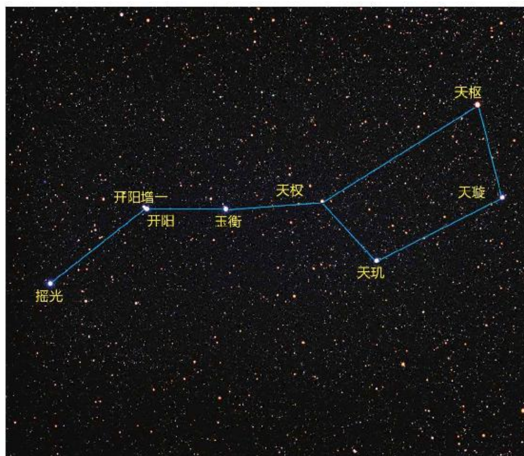


当然是北斗七星，它是一个由7颗明亮的恒星组成的可识别的图案。在英国的天空中，它永远不会低于地平线。

利用北斗七星的指示来开始你的天文冒险，并使用它们来寻找北极星。

满天星斗、闪烁着点点光芒的天空，既令人困惑，又叫人着迷。一旦遇见一个晴朗的夜晚，你该从哪里开始观测呢？假如你生活在北半球的中纬度到高纬度地区，你的第一个目标是找到位于大熊座的星群——北斗七星。星群有着明亮的、可识别的恒星图案，这些恒星通常（但不总是）来自同一个星座。大熊座的这只熊碰巧看起来像一只平底锅，它标志着熊的尾巴和背部。

我们从这里开始的原因不仅是因为北斗七星很明亮，容易被找到，还因为我们必须考虑地球的自转。就像太阳升起、掠过天空、落下一样，许多星星在晚上也做着同样的事情。在英国的纬度上来看，有些星星整夜都在地平线上，如北斗七星。当地球绕着太阳转的时候，我们也会看到星星在夜间发生轻微的移动，这意味着一些星座在一年内会进出我们的天空。而北斗七星长期存在于夜空，全年可见。这样就意味着它是便于我们学习的星群，也是开始你观星探索和了解星空的好地方。



了解构成北斗七星的恒星：摇光，开阳增一和开阳双星，玉衡，天权，天玑，天枢和天璇。如果你想知道的话，这些恒星的名字都要归功于中世纪的阿拉伯天文学家（译者注：中文名字为中国特有命名）。美国则把它们称为云霄飞车。


一张以北极星为中心的长曝光照片展示了天空的旋转方式。

你可以在北方的天空中找到北斗七星。首先需要知道北是哪个方向，你可以用太阳来指引你：朝向太阳升起的方向北方在左边，或者朝向太阳落山的方向北方在右边。一天中太阳最高的位置是正南，正北当然与正南相反。或者，你也可以用指南针。

恒星命名

值得注意的是，北斗七星都有各自的独特名字，并不是所有的星星都这样。我们从斗柄弯处的星星开始，叫作北斗六（开阳）。它有一颗不太亮的伴星，它们一起形成了一对肉眼就能看到的双星。在开阳的左上方，约月球1/3角直径的地方，就能看见它的伴星开阳增一。这是在夜空等待你的众多双星中的第一对儿。

开阳和开阳增一都是白色的恒星，而在北斗的另一边你会发现第一颗彩色的恒星。在斗碗右上角的恒星呈轻微的橙黄色，这颗恒星被称为北斗一（天枢），它是北斗中最亮的恒星。要想看到它橙黄的色调，最好的办法是把它和北斗中它下面的那颗纯白色的北斗二（天璇）做比较。如果你把目光移到这两者之间，天枢的橙黄色就会很明显。

在知道天枢和天璇的位置后，你已经发现了夜空中最有用的两颗恒星。这两颗恒星被称为指针，因为通过它们可以很容易地找到北极星。我们将使用一种经过数千年检验的技巧来完成这项工作，这一技巧被称为星桥法。

从天璇开始，连接天枢画一条虚线，然后继续。你遇到的下一颗恒星就是北极星。不要期望出现一颗超级明亮的璀璨明珠——北极星不是如此。北极星只是一颗普通的恒星。它之所以出名，是因为它几乎就在地球北极的正上方，所以当我们的地球自转时，它几乎保持在相同的位置，而夜空的其余部分则围绕着它旋转。

这只是一个开始。从北斗七星，从你刚搭建好的发射台出发，你可以探索更多的恒星和星座。

星桥法的奥秘

想找到你所想看的，其实并不需要完整记下夜空中所有的东西，你可以从一颗星星跳到另一颗星星去。

对于那些刚刚接触天文学的人来说，凝视晴朗的夜空，看到成百上千的光点，可能会有同样的困惑：我要如何才能在这些令人困惑的恒星中找到方向呢？

一种方法是买一个安装了自动导星装置的望远镜，只要按一下按钮，它就可以把你带到它数据库中的任何天体。但还有一种更简单的方法，这种方法经过了数千年的尝试和检验，经验丰富的观察者仍然用它来寻找我们肉眼看不到的天体。我们称之为星桥法。

明亮的恒星形成各种可识别的图案——星座、星群，甚至是简单的几何形状，我们可以把这些图案作为“跳跃点”，指向不太明显、较暗的区域或感兴趣的天体。

星桥法的关键是准确地估计方向和距离。对于方向来说，可以使用大致与你的目标对齐的恒星找，想象它们之间有一条线，然后沿着这条线到达你的目的地。或者，如果你知道你的目标离另一颗恒星的角距离（角度是多少），你可以用你的手来估计这些距离。伸出手臂，你的手将是一个基本的角度测量器，可以简单地近似估计从1度到25度的角度。

当你把这些技能应用到双筒望远镜或望远镜上的导星镜上时，要确保你知道观测设备视场的角直径，因为你可以用它来估计角距离。

令人惊讶的尺寸

你需要练习的一件事是把星图的比例尺和天空的尺度联系起来。在天空中找到一个星座或星群，然后在你的星图上找到相同的星群：你可能会惊讶于它们在天空中看起来会有多大！现在，在你的星图上寻找其他突出的星群，并在天空中找到它们，试着记住相对的比例尺。颠倒星图再重复。慢慢来吧，你正在打下坚实的观测基础，这一基础将在你余下的观测生涯中为你服务。这里有一些可以帮助你开始的建议。

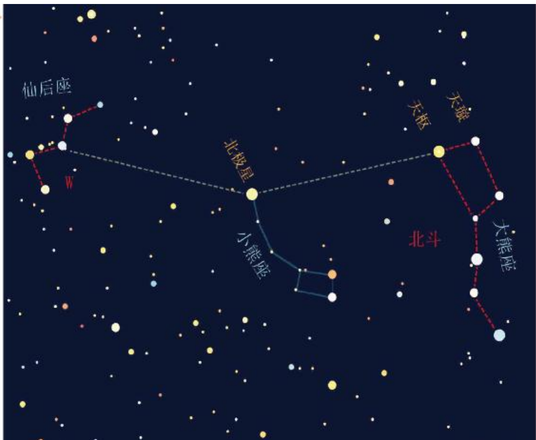
星空中的路标

北斗七星是非常重要的星群，它能为你指示出4个天区。



W形的仙后座

你已经知道如何定位北极星了。现在继续沿着这条假想的线向前走同样的距离，你已经从北斗七星里出来了，稍微向右弯一点，你就到了仙后座，星座里的恒星组成了看起来像W的形状。



双子座的北河二和北河三

要到达双子座的主要恒星北河二和附近的北河三，需要从北斗七星中的天权出发。斜对着画一条假想线朝向天璇，然后继续前进。在前往双子座两颗星的半路附近，你会经过组成大熊星座前爪的两颗星。

在猎户座腰带上应用高级星桥法

肉眼

沿着猎户座的腰带向西北画出22度的一条线，你会发现明亮的橙色星毕宿五在V字形毕星团的顶点上，毕星团是一个疏散星团。现在将这条线继续拓展14度，你会发现通常被称为七姐妹星团的疏散星团——昴星团。

肉眼

位于猎户座腰带东南方向大约20度的是天狼星，它和参宿四一起都是冬季大三角的一部分。想象天狼星和参宿四是等边三角形底部的恒星，那么在另一个顶点上的就是第三颗星——南河三（小犬座α星）。

双筒望远镜

从天狼星出发，向离南河三方向5度看过去，在那里你会发现大犬座θ星。再往前差不多同样的距离就是疏散星团M50，它是出现在你的双筒望远镜里的一个模糊的小块。





你的手指可以帮助你掌握天空中的距离。



狮子座的轩辕十四

要到达狮子座，你也可以从天权开始，但这次是沿着一条线穿过天玑——北斗勺子底部的那颗星。沿着这条线走下去，你会看到狮子座最亮的星星轩辕十四。从轩辕十四出发，你能画出狮子的头——钩状星形的镰刀。



御夫座的五车二

寻找御夫座要从天权出发，但这次要走一条向右经过天枢的路。在经过了包括非常微弱的鹿豹座在内的一片空旷天区之后，你最终会到达黄色恒星五车二，它是御夫座最亮的恒星。

观星的正确姿势


在星空下度过美好的第一个夜晚的实用建议。

1. 不需要任何器材

人们普遍认为，要成为一位“真正的”天文学家，需要有一个望远镜。这完全是错误的，光凭肉眼你就能看到很多东西——从星座到流星雨，从银河到偶尔出现的星系。如果你想更进一步，可以考虑在购买天文望远镜前买一个双筒望远镜——这样你可以在夜空中看到更多的天体，而不需要考虑器材的实用性。

2. 穿得尽可能暖和



我们知道这是明摆着的事情，观测夜空需要长时间地保持静止，所

以预防寒冷是很重要的。多穿几层薄衣服是个好主意，防水鞋、帽子和手套也不错。如果你需要翻页或者操作器材（尤其是触摸屏），无指手套可能是最好的选择。

3. 找个可以躺着的东西

如果你站着不动，盯着天空看，你会发现脖子在很短的时间内就会疼。所以，可以找寻一些你可以躺在上面的东西来彻底地避免疼痛。庭院躺椅、太阳椅、甚至老式的折叠式躺椅都是理想的选择，即使你只有一张露营地垫、一张瑜伽垫或一条铺在草地上的毯子，你的脊椎也会感激你的。

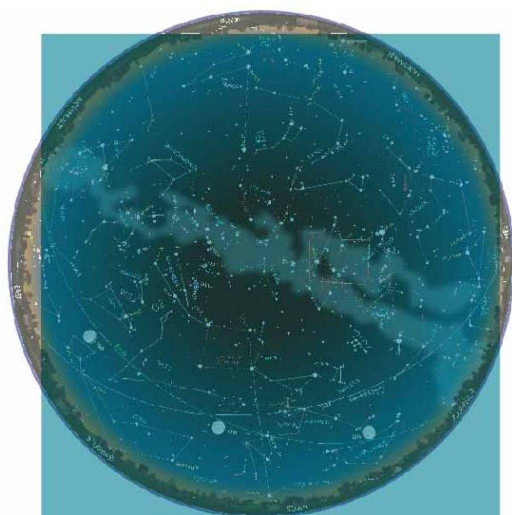


4. 让你的眼睛适应黑暗



这是至关重要的。如果你从一间灯光明亮的房间走出去，你可能只会看到少数星星。等一会儿，让你的眼睛适应黑暗（最好是30分钟），你会发觉有难以置信的不同，你可以看到更暗淡的星星。

5. 挑选一幅星图



我们每个月都会在BBC《仰望夜空》杂志上发表一幅星图，它们是很好的了解夜空的途径。你可以从识别亮星的图案开始，可以从这些亮星开始逐渐了解它们附近的星座。用不了多久，你就会熟悉它们，并且能够在没有参考书和星图的时候也能识别夜空中的星星。这些星图也常

常列出一些著名的深空天体的位置，由于它们较为暗弱，因此很难定位。

6. 带上红光手电筒和指南针



你的眼睛已经适应了黑暗，但你还是想看看星图，并确保不会踩到刺猬。解决方案是红光手电筒，因为适应黑暗的眼睛对红光的敏感度远远低于对白光的敏感度。你可以买到专用的红光手电筒，或者自己动手做一个，在普通的手电筒前面固定一片红色的醋酯纤维片。指南针则可以帮助你找到北方，它不仅在使用星图时有用，而且在安装望远镜时也很有用。

7. 避开人造灯光



确保你所在的观测地点能遮蔽所有的灯光，因为灯光会阻止你的眼睛适应黑暗。如果你能到郊外去，那就好好地利用这片漆黑的天空吧——真的会有很大的不同。

8. 花一些时间



事实上，还有很多事情需要你去思考，没有人看到夜空就能够立刻明白如何识别星空。就连帕特里克·摩尔爵士（译者注：英国著名的业余天文学家）也不能例外，他也只能通过每晚识别一个新的星座来做到这一点。

高级技巧

利用这些技巧可以更好地观察夜空。

眼角余光法

在使用双筒望远镜或天文望远镜时，眼角余光法能够使用周边视觉更容易地看到微弱的天体。这种方法能够让你使用你眼睛中更为敏感的视杆细胞来从侧面观看目标，而不是直接盯着目标观看。

一个练习使用眼角余光法的好方法是寻找闪视行星状星云，其编号为NGC 6826（赤经 19小时44分48秒，赤纬-50度31角分30角秒）。当使用小型天文望远镜直接观测时，星云中明亮的中心恒星会淹没整个视野；而当观测者使用眼角余光法来观看时，星云的本体就会显现出来，随着观测者改变视角，星云看起来就像会“眨眼”。

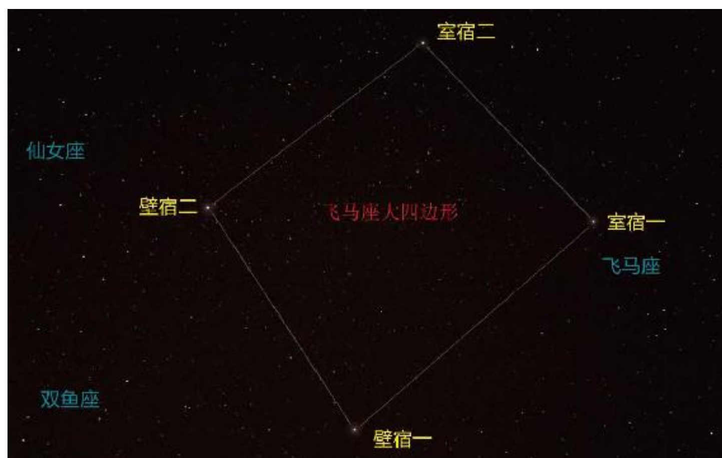
极限星等

了解在你所居住的地方能看到的最暗弱的星星是非常有价值的——换句话说，就是你头顶上空星星的极限目视星等。

随着光污染的增加，你能看到的星星数量也在减少。如果光污染非常厉害，那么你可能只能看到二等星，甚至更糟，只能看到屈指可数的几颗最亮的星星。

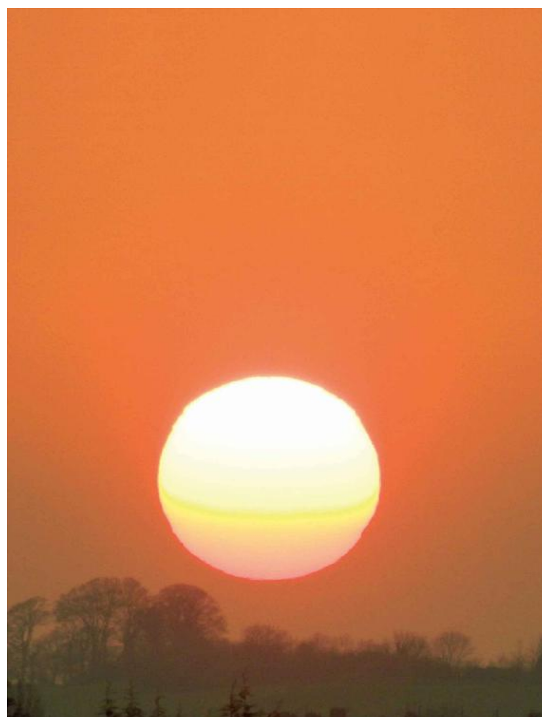
一种确定你的极限星等的方法是利用飞马座的大四边形——它由4颗恒星构成，其中最暗的恒星为mag.＋2.8。你需要等你的眼睛完全适应黑暗后才能准确地确定极限星等，所以最好提前15分钟出门去适应黑暗。然后，你要只用肉眼来寻找飞马座大四边形，数一数你在四边形里面能够看到多少颗星星。如果你一颗都看不到，那么你的极限星等最多为mag.＋4；如果你能看见3颗，那么你所在观测地点的极限星等就是mag.＋4.75；5颗意味着极限星等为mag.＋5.25；9颗则是mag.＋5.75。如果你能一直数到13颗，那么你可以看到暗于mag.＋6.0的星星。

多测试几个晚上，你会发现每次大气条件都会各不相同，这会影响你的测试结果。



用飞马座四边形是确定极限星等的一种方法，也可以利用昴星团来进行计数。

视宁度和大气透明度



大气的运动在很大程度上会影响你观察恒星和行星的能力。

天气通常被认为是天文观测的最大障碍。你出发观测的那天晚上天气会变坏吗？当天空终于放晴的时候，你的问题就会解决吗？然而，令人惊讶的是，即使是晴朗的夜晚，也可能不是外出观测的最佳时间。

问题的关键是对“视宁度”的定义。在天文学中，“视宁度”并不意味着你看待某物的方式。这个术语描述了你通过望远镜看到的景象被你上方的大气层所干扰的程度。

在视宁度好的时候，你通过望远镜会得到清晰、稳定的图像。但视宁度不好时会产生湍动的、不稳定的月球望远镜像，以及颤抖摇晃的恒星图像。另一方面，像星系和星云这样的深空天体并不会因为“视宁度差”而受到严重影响。

这要源于你和你所观测的物体之间流动的空气层，这些空气层的作用被你的望远镜放大了。在大气中，不同温度的空气总是在移动并是混合在一起的。光以不同的速度在冷和热的空气中传播，因此在最终到达

你的望远镜之前，光会不断发生弯折。

很少会有清晰的时刻。体验这种图像畸变的最好方法之一是观看在一览无遗的地平线上落下的太阳。由于阳光穿过湍流的空气层，太阳看起来会呈现出锯齿状。

影响观测条件的另一个因素是夜晚的透明度——天空到底有多清澈。雨后的天空是透明的，因为雨水清除了空气中的灰尘和烟雾颗粒。不过，当下雨的时候，往往也会刮风，这也会影响视宁度，例如恒星会因为刮风而闪烁。然而，透明的环境对于像星云和星系这样的大而微弱的物体是有利的，它们确实得益于更好的对比度。透明度差通常意味着空气稳定，视宁度良好，但尘埃和颗粒仍停留在静止的大气中。这样的条件很适合看月球和星星。

想象一个游泳池，底部放着一枚硬币，这是思考视宁度和透明度的好方法。水代表我们的大气层，硬币代表你看到的星空。在没有水流完全静止的水中，硬币看起来是静止、锐利且清晰的。在这种情况下，视宁度是完美的，透明度也是完美的。如果让水动起来，引起涟漪，硬币的图像就会四处晃动，透明度仍然很好，但视宁度很差。如果一些牛奶溅到池子里，你就看不清楚硬币了，透明度就会降低。

这些都表明你受大气的摆布……也衬托出夜空清晰是件多么美妙的事情。

清晰的呈现

你无法改变“高层视宁度”（你上方的气流），但你可以影响“低层视宁度”，从而立即在你和你的视野周围创造出更稳定的空气条件。其方法如下。

1. 将你的望远镜置于室外，使其冷却到环境温度，并消除镜筒内的任何气流。

2. 在草地上观测，而不是在混凝土地上。混凝土从太阳吸收了更多的热量，并会将热量长时间地辐射到其上方的空气中。

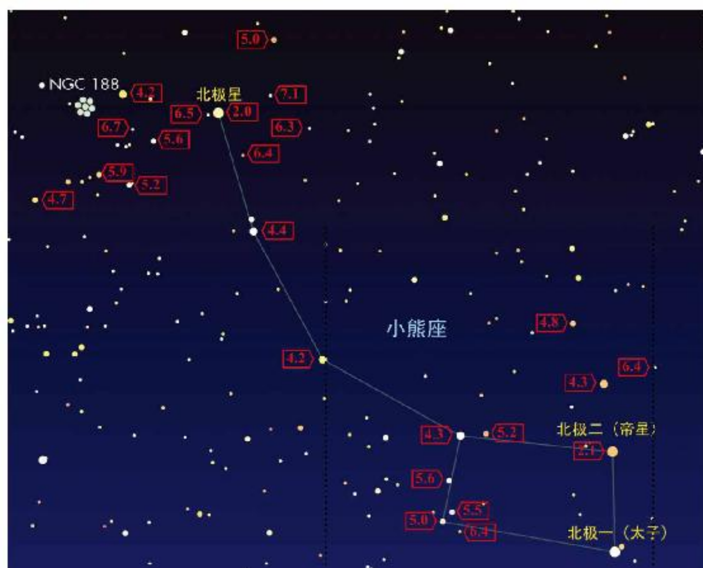
3. 气流倾向于往地面流动，所以在平台上扩大你的视野是个好主意。

4. 如果你要建一个天文台，那就用木头等可以迅速冷却的薄材料。

5．观测点的地理位置会影响空气的运动。靠近大海的空气会比靠近山脉的空气更平静，因为山脉上的空气会被迫向上运动，从而引起湍流。

> **使用安东尼亚迪视宁标度**
>
> 当你观测的时候，记下视宁度是非常有用的。许多天文学家使用安东尼亚迪视宁标度来测量大气的变化。这是一个使用罗马数字的五分制标度。I表示最好的条件，V表示最坏的条件。
>
> I 完美的视宁度，没有任何湍流的颤动。
>
> II 有轻微闪烁，静止的时刻能持续几秒钟。
>
> III 中等视宁度，更大的空气抖动模糊了视野。
>
> IV 能见度差，图像起伏不定，麻烦不断。
>
> V 严重起伏不定的图像，太不稳定了，连速写都不能进行。

你能看见多暗的东西？



在小熊座找到你能看到的最暗的恒星，算出你的极限星等。在完美的夜空下，你应该能够发现mag.＋6.5的星星。

大气条件对你能观测到的恒星的亮度有影响。在一个非常晴朗的夜晚，通过观测小熊座，用这张图检查你能看到的最暗的星星，算出你的

极限星等。这是你在观测地能看到的最暗的恒星的星等或亮度——数字越大，恒星越暗。

如何应对光污染



城市的光污染特别严重，但无论你在哪里，都会有黑暗的地方。

不要对你的观测地感到绝望——有很多方法可以对抗辉光和强光。

英国的观星活动正因被认可的暗夜而蓬勃发展。在2015年底，斯诺多尼亚国家公园面积达2170平方千米的大片区域成为威尔士第三个获得国际暗夜协会认可的地区，这意味着现在威尔士近18%的地区拥有因为没有光污染而得到认可的夜空。斯诺多尼亚国家公园加入了德文郡的埃克斯莫尔，邓弗里斯和加洛韦的加洛韦森林公园，以及英吉利海峡的萨克岛的行列，成为一个逐渐茁壮的俱乐部的最新成员。

这些地点对保护后代的天空来说是一个好消息，如果你足够幸运，能够生活在距离它们任何一个很近的地方，那么对开展天文观测来说也是一个好消息。但对于我们许多人来说，看星星是在后花园的保留剧目，那么通常意味着要处理光污染。

这种烦恼有两种：一种是天空的辉光，大片区域被大量的灯光投射出的锈橙色薄雾笼罩；另一种是来自视线范围内的局部强光——附近的街灯、安全灯、汽车前灯，甚至是邻居窗户发出的光线等。天空的辉光会冲洗掉夜晚，遮住星星，而局部光源更容易破坏你的夜视能力。在黑暗的天空下，你可以用肉眼看到暗至mag.＋6.5的恒星，但光污染可以将其缩减到只有少数几颗一等恒星。另一个常见的受害者是高高地横跨在秋天天空中的苍白银河。

毫不奇怪，光污染最严重的地方是大城镇。然而，居住在更偏远地

区的观星者也会被邻居那盏调整不当的安全灯发出的恼人强光所困扰。值得庆幸的是，你可以用一些方法来尝试减轻它们的不良影响。

专注于你能解决的问题

对于本地的光源污染，你考虑的最大问题是你观测地的位置。你需要找到一个地方，在你和讨厌的光源之间设置一个障碍。这道屏障可以是任何东西——篱笆、树、建筑物的侧面，只要它不是很大，它就不会遮住你想看的那部分天空。

如果没有合适的天然屏障，可以考虑制作一些。例如，一个简单的“盾牌”，由木头或塑料管架成，上面铺着黑色的布，就可以创造奇迹。不过你要确保它有支撑腿，因为你最不希望的就是在安装过程中会刮起风来，发出哗啦哗啦的声音。如果你不喜欢自己动手做，那就扔掉框子，把遮光布挂在晾衣绳上，或者挂在架子上，或者类似的地方。



理想情况下，你的望远镜应该放置在草地上，避开外部光源，并指向热源（如屋顶）之间或远离热源。

如果让你惊慌失措的灯光来自邻居家，那么更好地了解邻居也大有裨益。许多天文爱好者报告说，互惠安排在这方面很有效——作为他们度假时你帮忙喂猫的回报，他们可能会同意，比如说，当你在花园里观测时，他们会拉上窗帘。但你必须要去请求你的邻居。

你下一个考虑的应该是优化设备，这可以帮助你处理眩光和一般的辉光。你的目标是将你所看到的对比度最大化，并最小化杂散光的进入。选择带有护目镜阻挡外来光线的目镜，并确保镜片上没有你的睫毛

膏，因为这会降低视野。除了护目镜，你还可以像古代的摄影师那样，在头上蒙上一块遮光布。看起来可能有点奇怪（这是另一个告诉邻居你在做什么的好理由），但它可以帮助你确保你的夜视能力。

在器材中增加光污染滤镜，并根据观测目标，增添彩色或窄带滤镜，这样可以提高清晰度并增强细节。在望远镜的另一端，一个露水罩也可以帮助阻止光线的进入；如果你没有，你可以卷起露营垫临时做一个。如果你头顶的辉光太过刺眼，以至于你一开始就很难找到你想要的目标，那么你可以购买一个自动导星装置，这可能是找到观测目标的最轻松的方法。

在许多地方，随着越来越多的人和企业关掉室内灯，午夜过后天空的亮度会明显下降，这意味着凌晨通常能看到更好的风景。你可能还会发现，当地政府会在规定的时间关闭路灯。如果天空的辉光是一个特殊问题，那请确保你能等待，直到你选择的目标清楚地出现在地平线上，再去观测它。

如果我的观测地没有希望了怎么办？

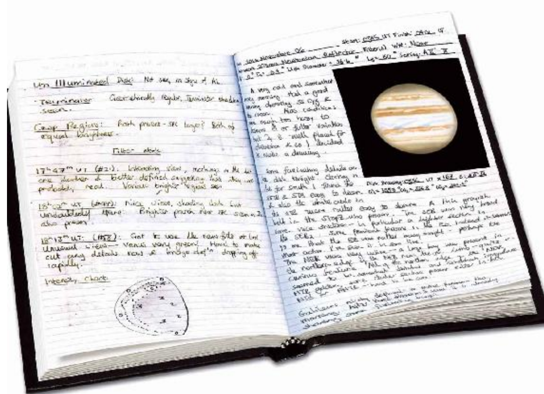
如果你真的找不到办法来消除强光，或者没法透过辉光，或者根本没有空间来创造一个黑暗的角落，那请试着在附近找一个替代的黑暗观测点。在这种情况下，在出发前做一些研究是很有必要的。一旦你找到了潜在的观测地点，请确保你有权进入，最重要的是，那个地方在晚上是安全的，尤其是当你独自观测的时候。另一个选择是加入当地的天文协会，许多协会会为会员举办观测之夜，而你的一些观星同伴很可能会为你提供你所在地区的一些优良观测点的建议。



到郊外去，寻求最暗的天空。

记录日志

记笔记能提升你的观测经验，帮助你成为一名更好的天文爱好者。



天文爱好者日志上的其中两页，详细的笔记和图示将帮助你在夜空中发现星群，以及任何不寻常的天象。

从初学者到经验丰富的业余天文学家的旅程有许多充满辛酸的个人宇宙发现。你的宇宙观测探险将会标记下许多重要的第一次接触——例如，找到梦寐以求的梅西耶天体，或者可能是第一次看到火星的极地冰盖。然而，如果你想在这些惊鸿一瞥上做文章，你必须准确地记录下你所看到的。

记日志会让你从一个随意的观测者变成一个值得信赖的观测者。观测不仅仅是通过望远镜的目镜去看。通过系统地记录你的观测结果，你会发现你的视力变敏锐了；你可以回顾过去，看看你的观测和绘画技能是如何提高的；你会拥有一个可触摸的过去。通过重复观测，老朋友会以一种新的方式出现，它们不为人知的一面会慢慢显露出来。所有这些将使天文学变得更有意义。

写日志也有科学的一面。你可能将证实一些很少被观测到的现象，如明亮的火流星，或者火星上沙尘暴的开始。如果你对你所观测到的天象没有准确地记录，那么你可能永远不知道你是否看到了重要的东西。

记录什么

日期

以年-月-日格式记录日期。

时间

以世界时UT记录观测时间。

望远镜

望远镜的口径和类型（牛顿、施密特-卡塞格林等）。

放大倍数

你绘画和观测的放大倍数。

目镜

焦距以及你使用的是星对角镜还是巴罗镜。

滤镜

包括观测中使用的任何滤光片的压缩编号（印在滤光片的侧边）。

视宁度

这是大气稳定程度的量度。使用I～V级的安东尼亚迪视宁标度，其中I级得到的是一个完全清晰的图像，V级得到的是一个不聚焦的斑点。

其他条件

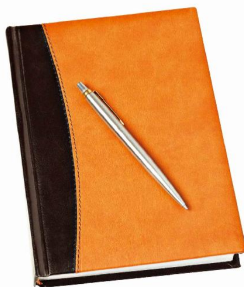
观测时的云量或薄雾、月相、所在地点的光污染程度等。

观测对象的细节

对于行星，请注意中央子午线、相位（如果适用）和视面大小的值。对于深空天体和彗星，在任何图画中都要标明北方，包括星座。变星需要估计星等。

个人感悟

记下任何让你觉得有趣或不寻常的事情。



确保你选择的是结实的硬皮笔记本，可以经常使用，并考虑购买几本笔记本来记录

不同的天体。

用始终如一的态度来记录你的观测结果，你会发现将天文学变成一种更有意义的追求的完整方法：不仅仅是观看天体，你还可以开始正确地研究它们，这会让你专注于你最感兴趣的天文学的某个方面。业余爱好者仍然可以在许多领域为天文学做出有用的贡献，包括行星和变星的工作，只要对它们的观测被系统地记录下来。

不朽的巨著

观测日志应该有结实的、坚硬的封底和高质量的纸张。这钱值得花，因为便宜的书本在英国冬天的天空下躺上几个月就会破成碎片！应该避免使用活页观测本，因为它每一页都会慢慢脱落，这只是一个时间问题。

对科学的意义

记日志不仅仅是个人的努力，你记录的细节有助于真正的科学。变星爱好者加里·波伊纳总共观测了269753颗变星，在他的日志记录中，对变星的记载可以追溯到20世纪70年代。最伟大的目视观测者之一是英国的业余爱好者乔治·阿尔科克，他用双筒望远镜发现了5颗彗星和5颗新星——最后一颗是在他78岁时发现的。他的日志里满是细致的笔记和他发现的天体的精美图画。



乔治·阿尔科克是双筒望远镜的铁杆粉丝——他所有的发现都是用双筒望远镜完成的。

你所记录的在很大程度上取决于你所观测到的。虽然有一些标准性的东西你必须一直记下来——比如日期、时间和你望远镜的细节，但有些内容应针对你正在观测的天体类型。例如，行星观测需要绘制能够提供你所看到的重要视觉印象的图形，以及相位和视面大小等细节。变星不需要绘图，但需要添加估计星等和使用的图表的一些细节。

因此，你可能希望为每种天体保存日志，也许是对行星、变星、太阳活动和深空观测使用不同的笔记本。一个很好的工作方法是在户外画出草图和观测结果，然后在室内的日志簿上做一份整洁的记录。这会使排版更容易，页面上有图画，下面写有笔记。在一张单独的纸上画出你的图画，并把它们贴在你的书上，因为你可能需要尝试几次来绘制它们。

你的日志将成为你的观测遗产——你应该把它们当作业余天文学的基本要素之一。

器材和建议

要开始你的天文探险，你唯一需要做的就是在一个晴朗的夜晚走到户外抬头仰望。但总有一天，你会觉得自己需要离夜空再近一些——这种事发生在我们所有人身上。为此，你需要一个双筒望远镜或天文望远镜。这些光学设备能够做两件事：比起你的眼睛，它们在昏暗遥远的恒星上能够收集更多的光，而且它们能放大视野。

在这部分，我们将带你体验在夜空中能够获得最佳观测效果的设备。我们将学习，为什么在使用天文望远镜之前最好先使用双筒望远镜，以及为什么放置望远镜镜筒的底座和放置聚集星光的透镜或镜片一样重要。

我们还将为你介绍一些重要的配件，例如目镜和滤光片，并告诉你如何迈出你的天文摄影第一步。

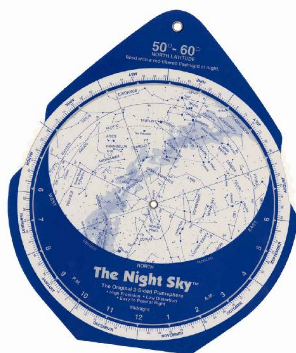
平面天球星图介绍



即使在数字时代，当你需要在夜空中找到方向时，平面天球星图也可以提供雪中送炭般的帮助。

作为初来乍到的天文爱好者，平面天球星图是帮助你在夜空中找到方向的最好工具之一。尽管它们看起来不太像专业设备——它们通常只是两片纸板或塑料，用一个中心别针固定在一起。这个看似简单的设计掩盖了一个重要的事实，即平面天球图可以让你在一年中的任何时间、任何日期计算出夜空中有哪些明亮的星星。

这一基本知识对普通的天文爱好者和更严肃的业余天文学家都很有用。例如，它可以帮助你学习星座，或者在特定的时间识别出一颗明亮的恒星。在策划一次观测活动时，它也可以是一份有用的备忘录。



虽然这两个圆盘是固定在一起的，但它们仍然可以相互独立地旋

转。下圆盘盘面的大部分印有恒星、星座和较亮的深空天体，你可以从给定的纬度看到它们。在下面圆盘的边缘标记有日期和月份。

解读圆盘

上圆盘会比下面的略小一些，或者有一个透明的边缘，所以你仍然可以看到下面的日期和月份标记。上圆盘也有一个椭圆形的窗口，显示下圆盘上星图的一部分。这个窗口的边缘代表了具有适当的北、南、东和西标记的地平线，内部的一切对应可见的天空。

就像下圆盘一样，上圆盘的边缘也有标记。在这种情况下，它们表示一天的时间。通过排列日期和时间，在窗口内可见的星星与设定时间晚上的天空相匹配。我们将在下面的分步指南中解释如何使用平面天球星图。

在一些平面天球星图上，你可能会注意到一些恒星（尤其是那些靠近地平线南端的恒星）相对来说被伸展开来了。这是因为天空是三维的，当它被压缩在一个二维圆盘上时，它必须向星图的边缘展开。这个工具应该是你观星武器库中必不可少的一部分：平面天球星图价格便宜，使用方便，坚固耐用（塑料制品更是如此），重量轻，便于携带，最重要的是，它们不需要电池。

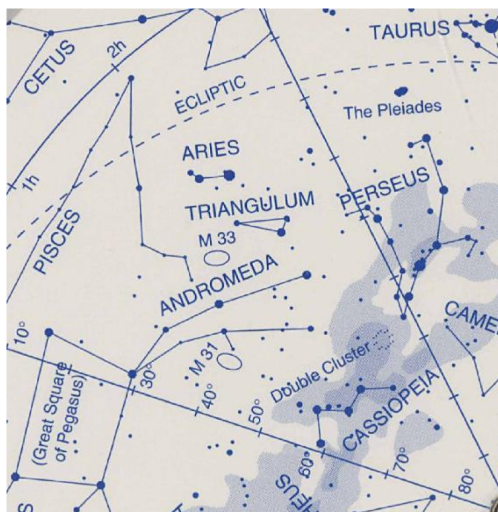
使用平面天球星图时要记住的一点是，平面天球星图被设计成在特定的纬度工作。如果你试图使用一个纬度过于偏北或偏南的平面天球星图，你会发现恒星没有出现在正确的位置。

行星的问题

为什么我不能用一个平面天球星图找到行星或月球？

平面天球星图显示的是相对于地球在夜空中“固定”的天体——这就是为什么可以年复一年地使用它们。然而，这意味着它们不能预测行星或月球的位置。一些制造商试图通过在背面打印行星位置的细节来解决这一问题，不过平面星图上印出的一条线也可以对此有所帮助。通常用虚线表示的黄道来标识太阳系的黄道面，大多数行星都在这一平面附近围绕太阳运行。如果你在天空中发现了一颗平面天球图

上没有标识出的“恒星”，那么它很可能是一颗行星。



如何使用平面天球星图

1 找到你的方位

在使用平面天球星图之前，有一件事你需要知道，那就是你所处的方位。如果你没有指南针，那就用太阳。太阳大致从东方升起，在西方落下。



2 设置平面天球星图

假设你在1月15日晚上9点出发，那么将上盘面上晚上9点的标记对准下盘面上1月15日的标记。椭圆窗口内的星星现在应该和那些天空中的恒星相匹配了。



3 拿起星图

首先，朝北看，拿稳平面星图，让“北”的标记保持在底部。如果你改变了你所面对的方向，请将平面星图绕一圈，这样相应的方位点就会在底部。



4 星桥法

中心的钉针代表北极星和北天极，在它右下角是北斗的7颗明亮恒星，利用这些恒星和组成仙后座W形状的5颗恒星来识别星座。




仙后座
北天极
（北极星）
大熊座

双筒望远镜物超所值

天文望远镜并不是观测天体的唯一选择。

刚开始学习天文学，不知道买什么作为你的第一个天文望远镜？这个问题有一个简单的答案：不要只买一个，买两个。把这两个望远镜用铰链连接，并且可以调整它们之间的距离，以完全符合你的瞳距。我们当然是在谈论双筒望远镜——它是最活跃的观测者器材库中的超值工具。

有数百个天体，用一个双筒望远镜就可以看到。它们不仅能让你看到比肉眼能看到的更多的天体，而且这些天体的细节和颜色也会变得丰富很多。

通过双筒望远镜，狐狸座的衣架星团看起来会更像一个衣架，而猎户座星云就变成了一幅非常细致的光影图画。银河不再是一条纤细的发光带，而是一团密密麻麻的恒星，中间点缀着神秘的暗斑。辇道增七不再只是一颗标志着天鹅座头部的普通恒星，更增添了黄金和蓝宝石似的精致装饰。你可以很容易地通过几百万年前发出的光线观看星系，而那时我们的祖先正在考虑离开树木到陆地生活。

即使你想进行“严肃的”天文学，双筒望远镜仍然合适，有专门为双筒望远镜设计的变星观测程序。双筒望远镜的便携性使它非常适合在狭窄小径上观测，在那里也可以看到掠月小天体或小行星掩星。

或者，你也可以穿暖和点的衣服，躺在花园的躺椅上，在凝视星空时，通过双筒望远镜欣赏你发现的东西。在你意识到这一点之前，你已经开始认识星空了，这时双筒望远镜比你差点就购买的入门级自动寻星望远镜会更适合带你遨游星空。

最重要的是，你可以用低于一个性能尚可的望远镜目镜的价格，为你的两只眼睛提供完整的观测系统。

双筒望远镜的挑选

双筒望远镜基于放大倍数和口径这两个参数进行分类。一个10×50的双筒望远镜放大倍数为10×（10倍），每个物镜的口径为50毫米。这

两个参数还能帮你计算出目镜的光圈（或“出射光瞳”）的大小：你所要做的就是用口径除以放大倍数。这意味着一个10×50的双筒望远镜的出射光瞳为5毫米。出射光瞳不应该比你的瞳孔直径大：对于你的第一个望远镜来说，4～6毫米的出瞳大小就足够了。



不要被诱惑去购买你能负担得起的最大的双筒望远镜——大的双筒望远镜很难保持稳定，大的夜空特征用较小放大倍数的望远镜也可以实现。

我可以使用一些老式双筒望远镜吗？

原则上是可以的：即使是塑料透镜的4x20玩具望远镜也可以向你展示一些你平时看不到的天体，比如木星的卫星。如果你已经有了一个小型双筒望远镜，比如6x30或8x32的，那就在星空下试试吧：你会惊讶地发现你还能看到更多的东西。光学质量也会导致有所不同，你可能会发现，你用质量好的小型双筒望远镜（比如8x42）看到的一些东西，甚至是入门级的15×70的望远镜也无法企及的。但是要避免使用变焦望远镜。简而言之，并不存在统一标准的“好”望远镜。



底座可以为更大的双筒望远镜提供一个稳定的观测平台，相机三脚架和云台同样是适用的。



如果孩子们愿意给你的话，即使是玩具双筒望远镜，也能让你清楚地看到夜空。

更大的光圈可能会让你看到更多，但如果你想长时间获得稳定的观测，需要架设一些辅助设备。常见的双筒望远镜尺寸有如下几种。

• 8×40，几乎每个10岁以上的人都可以拿得稳。

• 10×50，大多数成年人可以拿稳（这个尺寸的望远镜大小和重量比适中，很受欢迎）。

• 15×70，使用这个规格的望远镜观测真的需要安装辅助设备，虽然你也可以简单地直接用手拿。

你还应该检查目镜之间的距离，或者说“瞳距”，以适应你的眼睛。如果你戴眼镜，确保双筒望远镜的目镜到你的眼睛位置有足够的距离（“适瞳距”），从目镜到眼睛，一般18毫米或以上就可以了。

双筒望远镜有两种基本类型：波罗棱镜和屋脊棱镜。在任一价格范围内，屋脊棱镜更轻，但波罗棱镜往往有更好的光学质量。一旦你决定

了尺寸和类型，就挑选出在你预算内质量最好的望远镜，开始探索夜空吧。

还能比天文望远镜更好？

如果你喜欢行星的细节、密近双星、球状星团或行星状星云，那就考虑买一个天文望远镜吧。但是对于可见宇宙的其他部分，双筒望远镜是更好的选择。安装手持双筒望远镜只需要几秒钟，即使是需要支架的双筒望远镜也可以在几分钟内安装好，所以在使用天文望远镜的伙伴准备好并开始观测之前，你就已经开始观测了。

许多天体被理想地框在视场更大的手持双筒望远镜中：像甘珠或跳跃小鱼一样的星组超过了大多数天文望远镜的视场范围，像昂星团和蜂巢星团这样的疏散星团亦是如此。即使是像三角星云和北美星云这样大而微弱的天体，用廉价的10x50双筒望远镜也比用几倍于这个价格的业余天文望远镜更容易看到。



昴星团（左）和蜂巢星团（右）是双筒望远镜最流行的观测目标。

你的第一个天文望远镜

购买天文望远镜有时会是一项艰巨的任务，我们会通过解读行业“黑话”来帮助你做决定。

天文是一项非常有收获的探险，充满了探索和发现。行星、恒星、星云和星系，还有许多其他的奇迹，都在等着给你惊喜和启发。但是，购买你的第一个天文望远镜并不是件容易的事。当你开始你的探索之旅时，有一系列的设备和技术术语将会迷惑和诱惑你。我们将简单介绍4种最常见的天文望远镜类型及其工作原理，以便你能更好地了解你的选择。



投资一个天文望远镜会帮助你探索银河系更多的奇迹。

反射望远镜

反射望远镜是由艾萨克·牛顿爵士发明的，它使用一种特殊的曲面主镜来收集天体的光线。在牛顿的设计中，主镜收集到的光线被反射并聚焦回望远镜的镜筒内，镜筒中心有一个由网格支撑的较小、较平的副镜；这个副镜倾斜45度，将光束转到镜筒的另一边，穿过一个聚焦器，最终进入目镜，形成你所看到的图像。



折射望远镜

折射望远镜是最古老、最简单的望远镜设计，伽利略用它来记录金星的相位。折射望远镜的前面有一个弯曲的透镜，它可以把光直接聚焦到聚焦器上。通常在调焦器和目镜之间会加一个星对角镜，让光线旋转90度，以便让观测更加舒适。



多布森望远镜

多布森望远镜是一种反射望远镜，安装在一个简单但有效的地平式底座上，它由业余天文学家约翰·多布森在20世纪60年代研发并推广使用。它被放置在一个箱体（或托架）里，可以上下倾斜。箱体本身被安装在一个可旋转的平台上，所以你可以在水平方向上转动望远镜。基本的多布森望远镜无法追踪恒星，但是它简单的设计意味着你通常可以省下钱买一个口径更大的望远镜。



折反射望远镜

折反射望远镜（或称复合望远镜）利用一面反射镜和一个前置的改正透镜的组合，捕获光线并聚焦在一个比折射望远镜或反射望远镜短得多的紧凑镜筒中。光线从镜筒后部出射后，我们可以利用星对角镜和目镜在舒适的位置进行观测。流行的设计包括施密特-卡塞格林和马克苏托夫-卡塞格林两种类型。复合望远镜可以安装在赤道仪上，通常也都可以使用地平式装置。



术语克星

自动寻星

一些底座可以由电动机驱动、由电脑手柄控制，这些装置能够对望远镜进行校准和控制，并能将望远镜对准选定的天体。这些“自动寻星”装置可以帮助你发现很多天体，但如果你在开始的时候就依赖它的话，它可能会成为你学习天文的障碍。

了解你的望远镜的状况

掌握描述望远镜光学性能的神秘数字——焦距和焦比（光圈）。



了解视场

不同的器材所展示出来的天空部分会有所不同，但对你所挑选的观测目标来说，哪一种器材是最好的呢？

了解望远镜的底座

基本的望远镜底座类型，以及购买时需要考虑的问题。

试着拿着一个小望远镜看一段时间，很快你就会发现你需要一些东西来支撑它——这个最重要的部分就是底座。有几种底座类型，哪种最适合你，以及你需要支付多少钱，完全取决于你想用望远镜做什么。从简单的三脚架到用于天文台的精密仪器，今天的业余观测者可以使用的底座足以满足各种观测需求。

大多数底座是两种基本设计的变体，地平式和赤道式。地平式装置在两个轴上运动，一个垂直于地平线（表示高度，可以上下运动），另一个平行于地面（表示方位，可以水平运动），但地平式装置的大多数基本设计不能跟踪天体——尽管有一些例外。



星野赤道仪

这种最新开发的底座云台连接在一个标准的三脚架上，铰链朝天极倾斜，只要在安装过程中进行了极轴校准，就可以用相机跟踪。许多这

样的底座甚至可以支持小型望远镜，如果你想在旅行中用的话，它们非常有用。



地平式底座

地平式底座最简单的形式是不起眼的三脚架。它容易携带，风格多样，从轻量型到足以支撑一个小型折射望远镜或小型折反射望远镜的坚固型应有尽有。无论是手动还是电动操作的三脚架都可以使用。


德国式赤道仪

这是一种流行的安装设计，当地球自转时，通过一个平行于地球自转轴的轴来跟踪恒星。作为许多人的选择，这种类型底座的承载能力对

非自动化到专业天文台的重型跟踪系统都适用。

赤道式装置的其中一个轴平行于地球的自转轴，这意味着它们可以跟踪夜空中的天体，并使目标保持在视场中心，前提是它们必须在使用前正确地与天极对齐。这也使得赤道式装置成为长时间观测或长曝光天体摄影的理想对象。

还有其他一些需要考虑的因素。如果你想要一个永久使用的底座，那么有卓越跟踪功能的重型装置将是理想的选择。对于一些空间有限的人来说，便携且易于安装的底座可能是更实用的解决方案，因此轻量级但结实的底座可能是更好的选择。

重量和观测效果

类似的，你需要考虑底座的负载能力——换句话说，它能支撑多少的质量？记住，如果你想做天体摄影，这包括你所有器材的质量，不仅仅是望远镜。如果云层滚滚而来，可以很容易地拆卸安装望远镜系统吗？反之，如果出现一片晴朗的天空，可以迅速地安装好望远镜系统吗？如果你正在考虑一个计算机化的底座，你还需要检查它是否有相关的端口，用于支持你可能想要使用的任何配件。

选择底座可能是一件令人畏惧的事情，因为你有太多的选择。但也有一个事实是，一定有适合所有场合的底座。只要稍加考虑，你就应该能够根据自己的需要做出正确的选择。



多布森底座

　　多布森装置是由著名的天文爱好者约翰·多布森设计的，它是一个简单的摇杆箱，放在转盘上，由一些基本材料制成，可以支撑一个巨大的反射望远镜。尽管这个设计是一个易于使用的、手动操作的地平式系统，但现在也有一些计算机化的多布森设计具有天体追踪功能。



叉式底座

这是典型的地平式装置，虽然它们可以用赤道楔形转换成赤道式。电动或计算机控制的叉式底座可以在不绕子午圈翻转的情况下让望远镜朝南穿过子午圈，这样就可以在子午圈上成像，而这是德国赤道式装置的一个缺点。

手持自动寻星系统

手持自动寻星系统是一种包含手持设备（手柄）的自动化系统。一旦执行了初始的恒星校准例行程序，它就能通过一个庞大的天体数据库顺利地指向天体。拥有一个自动寻星系统，可以免去手工查找天体的麻烦，尤其是在观测对象很模糊的情况下，而且可以不用打印星

图。常见数据库通常包括梅西耶和NGC星表，以及主要的行星等天体。这为新手打开了观测星空的新世界大门，并允许有经验的天文爱好者快速定位和跟踪天体，进行深空摄影。如今，在德国赤道式装置和叉式装置（无论大小）上都可以使用这种技术，甚至在一些地平式系统上也可以找到这种技术，如多布森装置。



赤道仪

第一部分　安装

赤道仪可以跟踪天体在夜空中的运动。

把天文望远镜安装在赤道仪上，你就可以不断跟踪恒星在夜空中的持续运动。赤道仪看起来似乎很复杂，但实际并不需要花太多时间就能掌握。

在接下来的6页里，我们将把有关赤道仪的所有内容分解为易于遵循的部分，首先从赤道仪的安装开始讲起。我们使用的是EQ3级别的赤道仪，但相关技巧也适用于其他级别的赤道仪。

赤道仪

赤道仪由一个三脚架和一个底座云台（赤道仪云台）组成，可以支撑起望远镜并让其沿两个轴运动，其中一个轴是赤经轴，另一个轴是赤纬轴



如何装配赤道仪

请遵循以下的步骤，以确保赤道仪的牢固安装，在确保其不会倒塌后，再把望远镜安装在上面。



1．望远镜和赤道仪云台都放置在三脚架上。如果你是第一次安装，请在白天进行。调整三脚架的高度，使其顶端和你的臀部齐平，如果中间有配件架，也一起安装好。确保三脚架顶部保持水平，并且其中标有“N”的脚指向北方。



2．把赤道仪云台放置在三脚架的顶端。将三脚架顶部的金属钉与云台下方的间隙对齐，该间隙位于方位角锁的两个螺栓之间。通过拧紧悬挂在三脚架顶部下面的大螺栓，将云台固定在三脚架上。



3. 将配重杆旋入云台。在配重杆的制紧螺钉紧固在云台上时，从杆的一端取下安全螺母，将配重向上滑动至配重杆中部，再拧紧制紧螺钉以确保配重安全。然后把配重杆安全螺母放回原处。



4. 赤经轴需要指向北天极。要做到这一点，赤道仪的纬度设置需要设置成与你当地的纬度相同。松开前后螺栓，倾斜云台，使指针与纬度刻度盘上的正确数字对齐，然后再次拧紧螺栓。



5. 将慢动电缆接头安装到赤经轴和赤纬轴上的小型D型轴上，拧紧每根电缆末端的螺丝，将其固定。如果使用折射望远镜，请旋转赤纬

轴，以便电缆能延伸到底部。如果使用反射望远镜，请将电缆固定在最靠近目镜的顶部。



6．望远镜由两个镜筒抱箍固定在云台上，抱箍通过镜筒结合座紧紧嵌在云台上。我们的赤道仪有一个短的楔形镜筒结合座，已经与两个镜筒抱箍相连接，而你的镜筒抱箍可能并没有固定在云台上。如果是这样，请把镜筒抱箍安装上。



7．打开镜筒抱箍，将望远镜镜筒放进抱箍里，然后将抱箍的上半部分转到镜筒筒身上，拧紧锁紧螺栓，确保镜筒不会滑出。在这一步，你可能需要额外的一双手来帮助你完成。请记住，如果你使用的是反射望远镜，目镜应该在顶部！



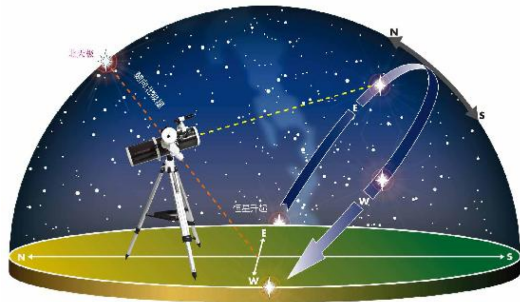
8．将寻星镜放进支架里，并将其拧紧固定在望远镜镜筒上。为了将寻星镜与镜筒对齐，将一个低放大倍率的目镜放进望远镜主镜筒的缩焦器里，并在地平线上找一个观测目标。通过寻星镜观看目标，并且调节支架上的螺母，直到你的目标出现在十字叉上。



9．调节望远镜的平衡。松开镜筒水平锁和赤纬轴锁，在抱箍中来回移动镜筒，直到望远镜保持水平不动。然后沿赤经轴方向做同样的调整：让配重杆保持水平，松开赤经锁，调节配重直到望远镜在放手时也能保持不动。

赤道仪

第二部分　校准



与北天极对齐的赤道仪让人们能很容易地跟踪恒星在夜间从东向西移动的轨迹。

赤道仪使用指南的第二部分将向你展示如何进行校准，以便能够跟踪恒星。

在第一部分中，我们研究了如何搭设赤道仪，使之成为放置望远镜的坚实而稳定的平台。现在我们将讲解如何利用赤道仪来跟踪恒星和其他天体，因为随着夜晚时间的流逝，这些天体将随着天空移动。

为了正确地做到这一点，赤道仪必须是“与极点对齐”的——即它的赤经轴或极轴必须被校准，并指向天球围绕着旋转的北天极。北天极是一个概念点，表示我们地球的自转轴与天球相交的点。天球是一个想象中的球，地球在它的中心，所有的恒星都被投射在它的内表面上。天空只是看上去在旋转，而实际是地球每24小时完成一次自转。但因为我们是从旋转着的地球表面上进行观测的，所以看起来好像是夜空在绕着我们旋转。

天极的位置

由于天空绕着北天极旋转（至少看起来是这样的），所以赤道仪也必须与这个旋转轴对齐，以跟踪恒星的运动。赤道仪是专门设计成可与天极对齐的。

校准步骤

4步对准北天极



1. 调整赤道仪的高度设置，使其与当地纬度相同。松开前后螺栓，倾斜底座云台，使指针在高度刻度上与正确的数字对齐，然后重新拧紧螺栓。这样做可以将赤道仪的赤经轴或极轴与地球的自转轴对齐，使二者平行。



2. 除了向上倾斜，极轴还需要对准正北方向的北天极。一些赤道仪在三脚架顶部有一个大大的“N”标记，用来显示哪一侧应该朝北。你可以用指南针找出哪个方向是北方，但是记住，指南针显示的是磁北，而我们想要的是正北，因此你还需要向东偏几度。在晚上，可以直接找到北极星，并让极轴与它对齐。



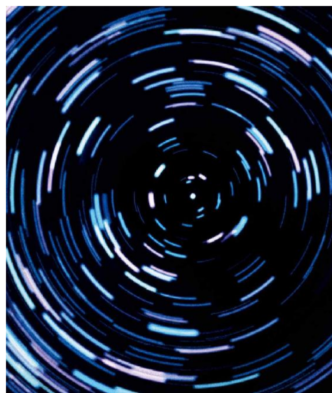
3. 赤道仪现在应该与北天极对齐了。为了验证这一点，当恒星出来的时候沿着极轴向上看天空确保它指向北极星。这种视觉对齐很适合于通过目镜来进行观测。但是为了更精确——例如，如果你想拍摄大范围的星空，你需要通过安装在赤经轴上的极轴镜来进行极轴对齐。



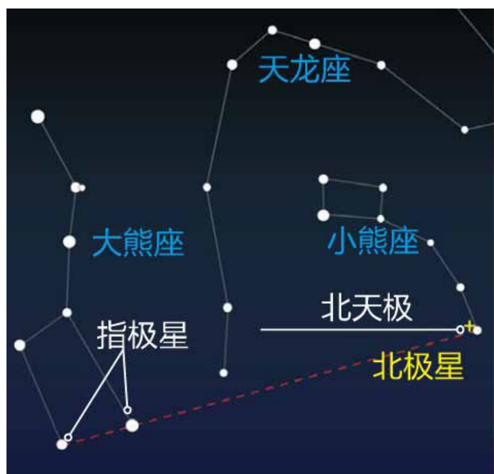
4. 如果你想要精确对准北天极，你需要对极轴进行微调，请使用高度和方位角设置。像前面那样调整高度。若要调整方位，请旋下两个方位螺栓，让赤道仪和望远镜与地平线平行地向左或向右轻轻移动。这比举起三脚架和整个望远镜来瞄准北极星要容易得多。

北极星

在北半球，我们非常幸运地拥有一颗相当明亮的恒星，而天空几乎就是在绕着它旋转。这颗星是就是北极星，位于小熊座。找到它，你就会找到真正的北方。更重要的是，在夜间它永远不会从那个位置移开，而天空中的其他一切都在围绕着它转。



事实上，北极星距离北天极还是偏差了0.7度。这种微小的偏移对普通观测来说无关紧要，但要拍摄天文图像，你需要更高的精度：通过极轴镜进行极轴校准时，要考虑到0.7度的偏移。北极星很容易被找到，这要归功于大熊座的两颗恒星，只要画一条线穿过它们，你就会到达北极星，如下图所示。



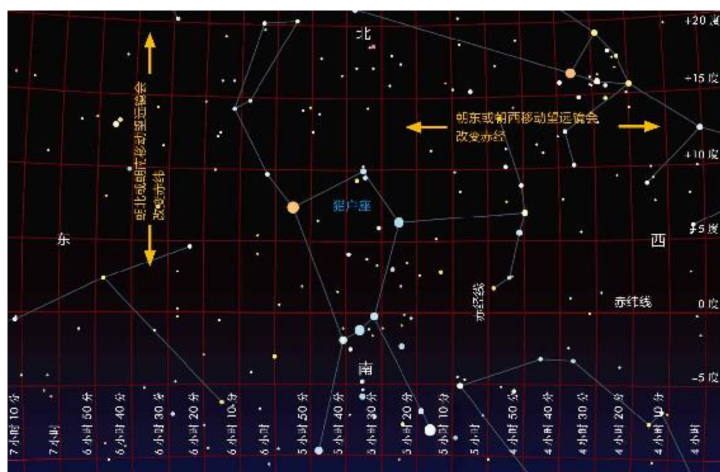
在大熊座的两颗被称为指极星的恒星上画一条线，延长到北极星。

当你想让赤道仪的极轴指向正确的方向时，我们在北半球的朋友北极星就会伸出援助之手。因为非常接近北天极，北极星提供了一个即时的“标记”。好消息是，对于普通观测，你不需要在极轴校准过程中要求过于精确。你只需调整高度设置，使其与本地纬度相同，然后将极轴指向北方，使其对准北极星。但如果你想进行任何类型的天体摄影，你就需要更准确，使用赤道仪的极轴镜进行极轴校准。

一旦赤道仪与北天极对齐，你的望远镜就可以轻松地跟踪星星了，而且你会发现长时间让天体保持在目镜里是件很简单的事。你只需要用

赤道仪的慢动控制来调整赤经轴或极轴。赤道仪不像地平式装置，地平式装置需要调整两个轴来跟踪天体。但请记住，当你想要将望远镜指向另外一颗星星时，即使是赤道仪也需要调整两个轴。

赤道仪



在一个可以精确定位任何天体的天球坐标系统中，赤纬可以被看作是纬度，而赤经可以被看作是经度。

第三部分　赤道仪是如何移动的

如何移动赤道仪的轴进而跟踪观测目标。

在关于赤道仪的前两部分介绍中，我们已经了解了如何正确搭建赤道仪和如何做好准备工作，这让它很容易就能找到并跟踪天空中的天体。天球坐标是天体投影在以地球为中心的一个假想的大球——天球上的位置坐标，利用恒星、行星或星云的天球坐标，很容易地就能找到它们。

正如我们之前提到的，用这种方法找到一个星系和用纬度和经度在地球上进行定位几乎是一样的。你可以把你的想象网格投射到星空中。唯一的区别是，在天球上，纬度称为赤纬，经度称为赤经。

这两种坐标系统的工作方式与在地球上定位的方式完全相同。赤纬（纬度）线从东到西平行于赤道，而赤经（经度）线从北到南贯穿。夜空中每一个天体都有赤纬和赤经坐标，就像地球上的每一个位置都有纬

度和经度一样。通过使用赤道仪上的赤纬和赤经设置，你可以用这两个数字指示的范围来查找任何天体。

假设你已经像第二部分中描述的那样将望远镜的极轴校准，找到某个星系的第一步是确保你的赤经度盘被正确地设置。为此，你需要一颗容易找到的明亮恒星的赤经坐标，比如天琴座的织女星。织女星的坐标可以从星图中找到，也可以从一些星空模拟软件中找到。

当镜筒撞上赤道仪

为了跟踪观测目标从东到西的移动，你可能需要进行子午圈翻转——这里介绍了如何3步完成这一操作。



1．如果你的望远镜镜筒在你跟踪某个在夜空中移动的天体时撞到了三脚架上，请在赤经方向上将望远镜旋转180度。



2. 接下来，旋转赤纬轴，使望远镜镜筒再次指向目标。你可以调整赤纬轴刻度盘回到原来的位置。



3. 你已经准备好再次开始观测了。一般在观测天空中最高的天体时，通常需要进行子午圈翻转，此时镜筒是垂直向上的。

前往织女星

松开赤经轴和赤纬轴上的锁，移动望远镜，直到它或多或少与恒星在视觉上对齐，然后使用慢动控制和寻星镜准确对齐目标。

现在看看设置赤经的圆形刻度盘。如果你是第一次设置，它可能不会读取你之前查找的赤经位置。如果是这样，勿需担心：只需要旋转赤经刻度盘，直到指针读取的坐标正确为止。赤纬刻度盘应该是固定的，所以你不必担心它会偏离校准。现在你可以使用刻度盘来找到你想要的恒星，仅仅是通过移动望远镜轴，使刻度盘与天体的赤纬和赤经坐标相匹配。你也可以使用此方法来定位肉眼看不见的天体。

赤道仪现在开始发挥作用：当你惊奇地注视着你想看的恒星时，你只需要用慢动控制来调整赤经轴，让它在你的目镜中从东向西划过天空。如果你觉得时不时地进行慢速调整会有些无聊，那么你可以在赤经轴上安装一个电动机，这样就能自动跟踪你的观测目标了。

至于赤纬轴，在你想看下一个不同的天体前，你都不需要调整赤纬或是赤纬慢动控制。你只需查找下一个目标的坐标，然后移动赤纬轴和赤经轴，直到圆形刻度盘给出正确的读数即可。

因此，一个设置得当的赤道仪几乎是完美的解决方案。但是，有一件事它不能做，那就是跟踪某个天体一直穿过天空。总会有那么一刻，望远镜镜筒底部会碰到三脚架的支撑腿，尤其是望远镜镜筒较长的时候。幸运的是，有一个简单的技巧可以避免出现这种情况，这个技巧叫作“子午圈翻转”。

希望你在阅读了赤道仪使用指南的这3个部分后，现在能更有信心地使用赤道仪。近两个世纪以来，天文学家一直将望远镜安装在这种装置上，现在你也可以。



调整赤纬轴可以使望远镜朝南北方向移动。



调整赤经轴可以使望远镜朝东西方向移动。

自动寻星望远镜

使用自动寻星望远镜，按一下按钮就能找到天体。

为了了解现代科技对天文观测的影响有多大，我们来看看这种望远镜。自动寻星望远镜基本上也算是普通的望远镜，但在它的赤道仪上增加了一个电动机和包含数万个天体的夜空数字地图。所有这些都不是望远镜自身的功能，而是归功于一个叫自动寻星的系统。

正确设置了自动寻星系统之后，只需使用手柄上的按钮选择想要观测的天体。就在这个时候，电动机启动了，整个机械运转起来，自动转向你选择的天体，使其最终出现在目镜中。听起来很简洁，不是吗？

当然如此，但是也有理由去说明为什么自动寻星望远镜会附带内容详实的使用手册。在你能够自由自在地观测天空之前，在你所选择的天体出现在你眼前之前，你首先需要正确地设置自动寻星望远镜。使用“自动寻星系统”并不是一开始就有的现成的观星方法。

设置

为了让自动寻星望远镜发挥作用，你需要先了解一些事情。首先，不是每个自动寻星望远镜都有相同的设置程序，这些程序也不都像其他程序一样容易执行。因为自动寻星望远镜太复杂了，在选择购买前，你应该做大量的研究，以避免购买了永远不会使用的自动寻星望远镜。

计算机需要知道一些基本信息：你所在的位置、日期和时间。有了这些关键的细节，望远镜就可以在它的内存中正确地定位星图。一些望远镜自带GPS接收器，用于帮助其初始化。



经度和纬度

如果你生活在一个小城镇或农村环境中，手柄里的计算机数据库可能没有你所在地区的详细位置信息。在这种情况下，你需要提供纬度和经度坐标。



某种安装在地平式底座上的自动寻星望远镜。

你可能需要将位置的纬度和经度从十进制版本转换为小时、分和秒的单位。

如果你在赤道以南，就用负号表示纬度，因为它表示南半球。对于经度，负号意味着位置在格林尼治子午线以西。



格林尼治子午线标记的0度经线。

现在你已经为极轴校准做好了准备。首先，确保三脚架和望远镜是水平的。如果望远镜放置在倾斜的地面上，而你没有做好调整，那么你将错过观测目标。对于使用在赤道仪上的自动寻星系统来说，尤其如此。使用这样的自动寻星系统，你首先应该对赤道仪进行极轴校准。然后，自动寻星系统会要求你在目镜中心测试几颗校准星。当你做完这些，你就可以正式开始观测了。

自动寻星系统也可以安装在地平式底座上——可以是单臂的，也可以是叉式的。使用地平式装置，你需要在视场中央测试一到两颗校准星。无论是赤道式还是地平式自动寻星系统，你对准的校准星越多，你的寻星系统就会越精确。如果你打算做天体摄影的话，这一点尤为重要。

最后请记住，在这个高科技产品中有一个重要的东西——电源。请随身携带备用电源，或者考虑购买一个充电宝，以确保在观测过程中不会耗尽电量。

自动寻星系统的优缺点分析

缺点



人工照明造成的光污染会使人们很难看到星星。

- 数据库可能包含成千上万的观测对象，但你实际可以看到多少还取决于望远镜的光学性能及视宁度。
- 你需要确保电池有足够的电量支撑整个观测过程——自动寻星望远镜一旦没电以后是无法进行手动观测的。
- 望远镜自动定位所有的观测对象，而不必进行手动调整，你可能会与一些有趣的天体擦肩而过。
- 为了准确地定位观测对象，每一次观测都需要校准自动寻星系统，这需要花费不少时间。

优点

- 在有光污染的天空，恒星显得暗淡，你会发现难以利用星桥法来找到它们的位置，这时使用自动寻星系统能让一切都变得容易。
- 自动寻星系统适合天体摄影，不会出现星光拖曳现象，因为望远镜可以跟踪天体在夜空中的运动。
- 如果你计划给朋友展示一些夜空中的天体，自动寻星系统快速而高效。
- 当有新发现的彗星或超新星时，自动寻星系统的数据库可以进行更新，这样你就可以快速、轻松地找到新的观测目标。



黑暗的地方很少会有电源插座，所以你要注意电池问题。普通望远镜没有跟踪功能。

挑选配件

如何机智地挑选天文观测配件。



目镜和滤镜是很好的早期投资，它们会对你的观测体验产生巨大的影响。

我们过去常听人说：“望远镜是最重要的部分，对吧？”对一些人来说，它是让你成为天文爱好者的东西，在他们看来，它是观星的起始和终结。显然，他们错了。

如果没有合适的底座云台、三脚架和目镜，望远镜就什么也不是，而这仅仅是天文配件这个新兴世界的冰山一角。有时被斥为“附件”，但却往往是让观星成为享受和满足的重要部分。

事实是这样的：有数百种配件供你挑选。一旦你对你的望远镜基本配置感到满意——我们假设你对底座云台和三脚架感到满意——接下来你会添加什么？你需要投资什么？

最好从最基本的配件开始——目镜。大多数望远镜都有一两个目镜，但这并不能保证它们的适用性和质量都让你满意。你的目镜和望远镜的主镜或透镜一样重要，因为它们能把望远镜所收集到的光放大，并投射到你的眼中。光学质量差的目镜可能会引起畸变，并使观测效果变差。如果你戴眼镜，你可能会想买一个出瞳距离特别长、让观测更舒适的目镜。



在寒冷的夜晚，防霜器会自行发挥作用，而电源包则提供了便携性。

核心配件以外

你应该同样注意那些经常与新望远镜捆绑在一起的配件：寻星镜、巴罗镜和（折射望远镜和折反射望远镜搭配有的）星对角镜。除了这些核心配件之外，你添加到天文工具包中的配件完全取决于你想要实现什么。

例如，滤镜可以帮助你在夜空中看到更多的细节，你需要什么样的滤镜，取决于你是想分辨出火星上的极冠还是模糊的发射星云区域。如果你生活在一个有很多路灯的城市，你可能会发现，无论你想看什么，光污染滤镜显然是最重要。

另一方面，如果你经常把你的望远镜带到一个黑暗的天空观测点，那么一个强大的行李箱可以让你的望远镜完好无损地到达那里并且返回。同样，如果你能从厨房简单地接上一根延长线通电，那么用于电动底座的便携式电源可能就不是刚需了；但当你出门在外时，它们就变得非常宝贵了。

选择困难症

如果你将兴趣延伸到天文摄影，那么还有更多的配件可以考虑。除了连接到望远镜的相机和转接口，还有滤镜转轮可以帮助你快速地切换滤镜，自动导星器可以帮助你在长时间的成像期间让目标保持在中心，防霜器可以保持视野无雾。以上还只是几个常见的例子。

请记住，配件不必与望远镜本身相连。如果你想泰然自若地使用星桥法在夜空中寻找恒星，星图、指南书甚至是智能手机的天文应用软件都是无价的——另外，如果你没有红光手电筒来辅助阅读，那么你将很难保持你的夜视能力。

天文爱好者喜欢配件，甚至可以说，我们星系中的每一颗恒星都有一个适合的天文配件。然而，我们在这里主要是为了说明，配件是工具包中至关重要的一部分。如果你想获得最好的体验，那么挑选最适合你、最适合你的设备和最适合你的观测目标的配件将是值得仔细考虑的事情。



一些供入门级天文爱好者参考的有用配件从左至右为：防霜器、滤镜转轮、红光手电筒和智能手机的天文应用软件。

目镜入门

目镜可能个头很小，但它们却能确保你从观测中获益匪浅。

你需要很长一段时间才能意识到目镜的重要性。说它们既能成就也能毁掉一个业余天文学家可能有点过分，但当你第一次使用一个质量上乘的目镜观测时，你肯定会意识到，这么多年来你一直在观测的天体本来是可以看得更清楚的。这一切都是经验教训。一些天文学家也很高兴多年来曾经与低质量目镜所做的斗争，因为这让他们认识到如何才能正确地观测星空。



以合理价格出售的小型折射望远镜通常都配备有一个金属三脚架、一个基本的地平式底座云台、一个寻星镜、一对儿目镜和一个能将放大率翻倍的巴罗镜。

望远镜底座下通常会有一个目镜托盘，架在三脚架的支脚之间并配备有巴罗镜——这是观测时非常有用的配件。由于目镜的长度因其放大能力的不同而略有不同，因此当你想要改变视场时，很容易地就能在黑暗中分辨出不同的目镜。使用这样的小型折射望远镜及其配件，你也能享受许多美妙的观测经历。

大多数小型折射望远镜或反射望远镜所配备的目镜的质量并不是最好的，但却能满足你的观测需求，尤其是如果你能在每次观测结束之后把它们放回到小小的目镜盒里并且能够保证目镜一尘不染。在把这些看似无关紧要却不可或缺的目镜放进望远镜里时，千万不要划伤或者损坏

它们。如果做不到这一点，那么就意味着你很快就需要更换它们，当然这也可能让你尽快认识到它们的重要性。

术语克星

出射光瞳

这是目镜出射所成图像的大小。理想情况下，它应该接近于你在适应黑暗后的瞳孔大小——大约5毫米到7毫米。

适瞳距

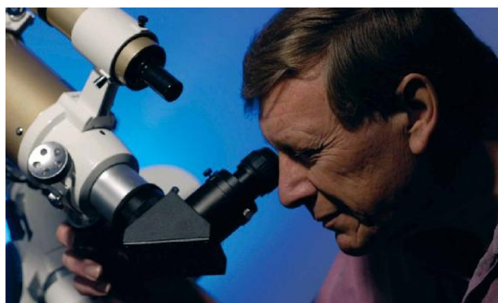
这是你的眼睛看到整个目镜视场时，眼睛距离目镜的距离。如果你戴眼镜，那么距离大一些更好（更长的适瞳距）。

视场

这一术语有时缩写为FOV，它表示透过目镜所能看到的天空大小。视场大小是以度数来表示的。

放大能力

这是放大率的另一种称谓，望远镜负责收集光线——而目镜负责放大图像。

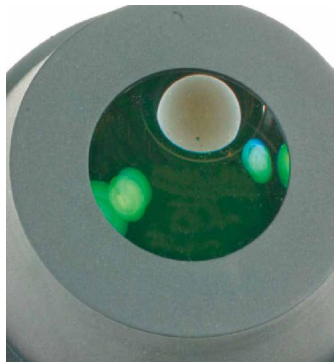




目镜安装在望远镜的聚焦器里，由一颗小小的螺母紧紧固定。

镀膜

当光线穿过目镜中的镜片时，会有一小部分光线损失掉了。为了尽量减少光线的损失，制造商会在镜片上镀上镁或氟化钙等物质。最好的目镜是那些被称为“多层全光学面镀膜”的目镜，不过“多层镀膜”的目镜也很不错。尽量避免使用那些被称为“全表面镀膜”或仅仅是“镀膜”的目镜。测试镀膜好坏的方法是在目镜的底部盖上黑色的镜帽，然后在日光下向下观看目镜筒。镜片的颜色看起来越深，损失的光线就会越少，目镜也就越上乘。



目镜和望远镜的主透镜或主反射镜一样重要。它将望远镜收集并聚焦的光线成像进入你的眼中。这听起来似乎很简单，但如果你想获得真正优良的图像，你就需要性能更好的目镜。

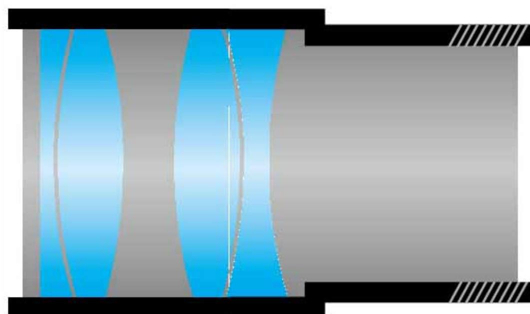
价格和性能

保持目镜处于最佳状态的另一个原因是目镜的更换成本——这也是为什么在购买观测器材时，目镜并不总是需要主要考虑的配件的原因之一。质量越好的小型圆柱形目镜越会按照特别高的标准来制造。一些目镜内部有多片玻璃透镜，它们组装搭配在一起，被打造成经久耐用的精美配件。

目镜的口径也展示了目镜构建的优良程度。如果目镜筒的直径小于2.54厘米即1英寸（大多数目镜都是用英制单位来描述的），那么它很可能是购买廉价望远镜时附赠的。但实际上，无论是这种廉价的望远镜还是它附赠的目镜，你都不会用太久。大多数入门级的望远镜都有一个

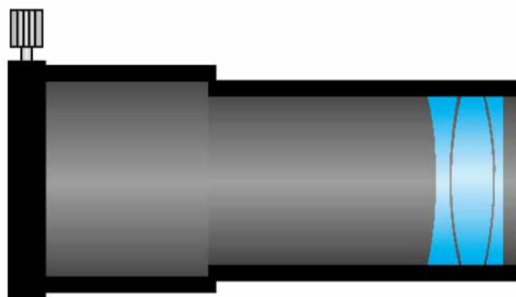
3.175厘米（1.25英寸）的目镜筒；然而当你买到真正质量上乘、价格昂贵的器材时，你会发现它的镜筒会有5.08厘米（2英寸）粗。

目镜的工作原理



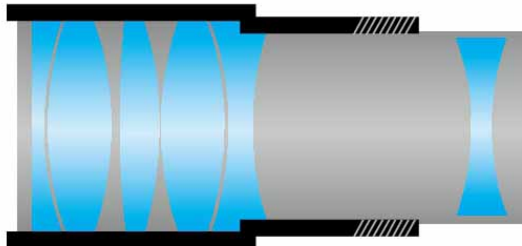
普洛目镜

在25种左右的目镜类型里，普洛目镜会是你最常听到的一种，因为它是最为常见的目镜。它的内部由两个背对背的凸透镜和凹透镜构造而成，高质量的镜片使其制作成本高昂，购买价格也相当昂贵。普洛目镜的优点是视场广阔（约52度），但如果目镜的焦距在12毫米以下的话，其适瞳距可能会有些短。



巴罗镜

与其说巴罗镜是目镜，还不如说它是目镜的最佳搭档。巴罗镜在光进入目镜前将其拦截。它的作用是将单独一支目镜的放大率翻番或是翻3倍。因此，你需要仔细地购买目镜，并使用一个质量上乘的巴罗镜来有效加倍目镜的放大倍数。



超广角目镜

顾名思义，超广角目镜会为你提供超宽的约82度的视场，这是极其巨大的视场。也有一些“广角”目镜拥有约67度的视场，但通过超广角目镜看到的图像是不可替代的。如果你拆解一个超广角目镜（当然不推荐你这样做），你会发现它有6或7片镜片，所有的镜片都被镀膜，从而提供了最佳的聚光性能。

挑选目镜

使用正确的目镜，确保你能看到最好的夜景。

望远镜和目镜哪个更重要？望远镜得到了很多关注，因为它是你整套器材中最昂贵和最令人印象深刻的部分，但没有像样的目镜，你得到的观测效果可能会令人非常失望。

理想情况下，你需要的是一套适合观测的目镜，因为不同的焦距有助于更好地观测不同类型的天体。依据所使用的望远镜，每个目镜都有着不同的视场大小和放大倍数。

尺寸很重要

要算出目镜的放大倍数很简单，只需用望远镜的焦距除以目镜的焦距即可。望远镜的焦距一般标识在靠近目镜那一端的铭牌上。而像样一点的目镜的焦距都以毫米为单位并标示在其扣环周围。例如，要计算使用25毫米焦距目镜的800毫米焦距望远镜的放大倍数，只需用800除以25，放大倍数等于32倍。这一组合可以把你在目镜中看到的物体放大32倍。

对于较为广阔的星云和星团，这就是你想要的放大倍数。为了获得更高的放大倍数，或许你会用10毫米目镜，那么你会得到行星和双星更详细的图像。



随着你在天文学方面的进步，毫无疑问，你会开始尝试各种各样的目镜，以提供不同的视角。所以，你一定不要低估这些看似微不足道的天文配件！

了解你的目镜

目镜主要有4种类型，而巴罗镜可以增大目镜的放大倍数。

普洛目镜

普洛目镜有广阔的视场（约52度），它可以成功应用于行星和深空观测。缺点是焦点长度为12毫米或更短，导致出瞳距离非常短。出瞳距离是指你的眼睛必须离目镜多远才能看到整个视场。

普洛目镜的内部结构由两个背对背的透镜系统组成。质量最好的普洛目镜和那些廉价产品相比，价格相差很大。



瑞迪安目镜

瑞迪安目镜是市场上较新型号的目镜之一，拥有与普洛目镜类似的视场。你可能想知道它们有什么区别：瑞迪安目镜的出瞳距离很长——即便是它的焦距只有3毫米。如果你在观测的时候需要戴眼镜，它将是你的救星。这种目镜设计适合中、高倍的放大倍数，以便在观测行星时能够看到足够的细节。瑞迪安目镜内部，有6个或7个焦距非常短的透镜元件。



纳格勒目镜

纳格勒目镜最令人印象深刻的特性是其巨大的视场。当其他制造商把目镜的视场保持在人眼50度视场范围内时，纳格勒公司加倍努力超前开发了具有超宽82度视场的目镜。想象一下你所能看到的令人惊叹的星空和星云的景象吧！纳格勒目镜包含6个或7个元件，所有的元件都镀上了特殊的化学物质，以提高目镜的通光量。这种类型的目镜的缺点是重量，可能需要你重新平衡你的望远镜。



无畸变目镜

在普洛目镜大放异彩之前，有很多其他的目镜是许多业余天文学家的偏好，但无畸变目镜仍然是很好的小目镜。它们拥有四元光学系统，并且具有很棒的出瞳距离。该目镜的设计还能非常有效地减少系统内因折射而损失的光量。尽管它们40度～45度的视场不如普洛目镜大，但仍然是相当不错的多面手。它们在月球和行星的观测中特别有用。



用巴罗镜把放大倍数翻倍

这是一件了不起的工具。它实际上不是目镜，只是一种与目镜搭配在一起的提高放大倍数的光学元件。它是通过一个非常简单的过程来实现的：把目镜插入巴罗镜，然后将整个装置放到通常安装目镜的位置。利用巴罗镜，你可以将目镜的放大倍数提高一倍或两倍。这意味着，使

用一个巴罗镜，你实际是让目镜的数量增加了一倍，从而放大倍数也增加了一倍。



视场

这3幅图显示了什么是视场。不用说，视场越宽，你能看到的天空就越广阔。这里显示的第一幅月球视图是使用25毫米目镜看到的。在下一幅图中，我们通过更换10毫米目镜，以更窄的视场更近地观测月球。最后一幅，当我们使用带有10毫米目镜的巴罗镜时，视场会更小。视场以度和角分形式在每幅视图上呈现。



25毫米目镜和650毫米望远镜10毫米目镜和650毫米望远镜10毫米目镜装在2倍巴罗镜上，650毫米望远镜

理解滤镜

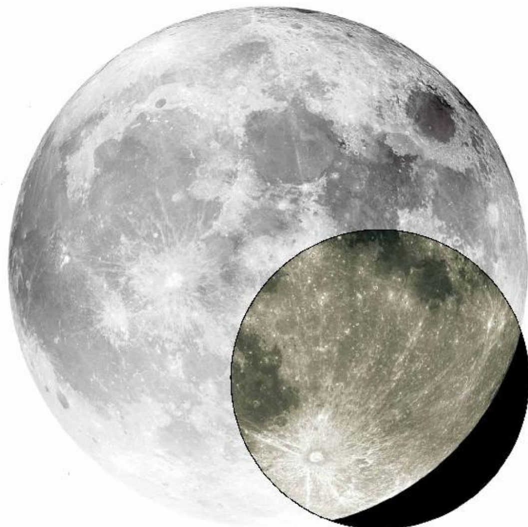


滤镜有多种形式，它们的效果也各不相同。有些可以帮助你更好地观察行星、其他星系和星云。

这类小配件能让你的所见有天壤之别。

如果在你的天文工具箱里有一种被严重忽视并且未被充分利用的工具，那么它一定是滤镜。这些通常色彩缤纷的圆盘有3.175厘米（1.25英寸）或5.08厘米（2英寸）大小，可以旋进目镜筒内，而目镜筒的一端与望远镜相连。滤镜的作用是改变被观测天体的呈现方式，它们的工作原理是通过阻止（过滤）某些波长的光通过望远镜镜筒，从而改变你从目镜中看到的东西。

这违背了传统的天文学认知，即每个光子都很重要，更多的光子意味着更好的图像呈现。但这正是滤镜的意义所在：滤镜滤去你不需要的光，只提供你在特定情况下需要的光。这就是为什么有这么多的滤镜种类。有些是彩色的，有些是透明的，但每一种的效果都略微不同，并且在设计时有着不同的目的。



中性密度滤镜可以减少明亮物体的眩光，从而提高对比度。

有时效果是卓越不凡的：例如，一些滤镜可以提高火星极冠的清晰度，并能让原本平淡无奇的金星圆盘显示出云层的细微阴影。不过，不得不说，滤镜不能上演魔术，当视宁度差或遇上天空透明度差的时候，没有滤镜可以帮你让天空变清晰。

彩色滤镜

彩色滤镜用于观测行星。它们通常用雷登序号来指代，类似于“#1”的风格。这种写法基于最初的伊士曼柯达滤镜系列，它有100种色度。对于大多数天文观测，只需要几种色度，其中最有用的是如下几种。

#8（黄色）——可用于观测木星和土星上的云带。

#25（红色）——可以展现火星表面和金星云的细节。

#47（紫色）——对金星很有效，可以增强施洛特效应。

#58（绿色）——用于改善红色特征，如木星的大红斑。

#80A（蓝色）——用于展现火星的沙暴和云层，以及木星的环带。



超高对比度滤镜

像窄带滤镜一样，超高对比度滤镜可以改善对比度，使背景天空更暗，让深空目标更好地脱颖而出。它能够同时让氢贝塔线和氧III线通过，相比其他任何一种单一波长的窄带滤镜，超高对比度滤镜都能改善你对大范围星云的观测。



光污染滤镜

这类滤镜被设计用于抑制钠路灯发出的特定波长的橙色光，从而使背景天空变暗。这能帮你更好地观测深空天体，尤其是星云和星系，因为它们比行星更容易被光污染掩盖。



窄带滤镜

正如名字所暗示的，窄带滤镜只能保留特定波长的光——通常是明亮的发射星云或行星状星云发出的光。通过阻挡其他波长的光，这类滤镜有助于提高对比度，从而凸显细节。典型的窄带滤镜包括氢贝塔线滤镜和氧III线滤镜。



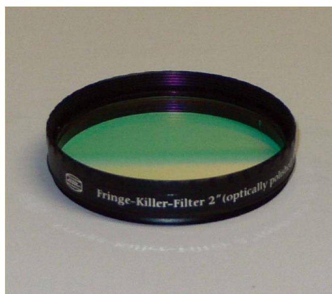
中性密度/偏振滤镜

这两种滤镜都能降低明亮目标的眩光，如月球、金星、火星、土星和木星。中性密度滤镜可以降低所有波长的强度，特别适合在观测月球时使用。偏振滤镜一般可以调节和控制光量。



防色差滤镜

这类滤镜可以帮助你克服消色差折射望远镜常出现的色差效应，最常见的色差效应是明亮恒星周围出现的明显蓝色或紫色晕。因此，这类滤镜有时也被称为“削紫色”滤镜。它可以用于观测任何目标。



如何选择滤镜

无论是新手还是有经验的天文爱好者，大多数人都知道滤镜，并将它用于行星观测，就像前面描述过的那样，它可以梳理出隐藏的细节。但滤镜还有更多的种类，它们可以减弱月球的眩光，减少路灯暗淡的橙色光芒，甚至阻挡除一种特定波长外的所有光线。如果你想要观察天空深处的居民，它们也可以发挥神奇的作用。我们将在上面的文字框中更详细地介绍所有这些滤镜。有些滤镜甚至可以一起使用以增强效果，但要记住，以这种方式叠加滤镜将进一步让图像变暗。

如果你在了解所有不同的滤镜类型后，你认为滤镜可能对你有用，那么你应该如何开始采购呢？许多人建议使用中性密度滤镜——也就是月球滤镜。这种滤镜能使视野变暗弱。因此，当我们的亲密伙伴月球处于令人眼花缭乱的满月相位时，利用滤镜观察它是很有好处的。

和往常一样，如果你能在购买之前尝试一下，那么就这么做吧——天文学会的活动和较为大型的观星聚会都是很好的机会，可以让你亲身体验不同滤镜所能提供的变化。

一旦你决定购买，要意识到，你并不总是能够买到单个的滤镜，尤其是彩色滤镜，它们通常是成套出售的。如果你使用很多种滤镜，你可能会考虑购买另外一种配件——滤镜转轮。转轮有些是电动的，有些是手动的，但基本前提是一样的——它们允许你能够直接切换滤镜，而不必每次都摘掉目镜。

请注意，这里讨论的所有滤镜仅供夜间使用。在任何情况下，它们都不应该被用来观测太阳，因为它们不会降低太阳光的危险强度。但是，就像天空中的其他天体一样，通过不同的（经过认证的）滤镜观察太阳，太阳的外观会发生变化。有关太阳观测的更多内容，请参阅后文，请不要使用没有经过认证的太阳滤镜观测太阳。

天文摄影

用相机记录夜空的美丽其实很容易——你或许已经有了拍摄夜空所需的所有器材。

天文摄影是现代天文学中一个有趣且越来越受欢迎的内容，并且由于数码相机的进步，天文摄影也变得前所未有的容易和便宜。有正确的器材在手，天文摄影将为你留下永久的记忆，真正向你展示我们所在的神奇的宇宙。

拍摄夜空有许多不同的方法，但要找到适合你的拍摄方式和实际拍摄过程一样令人望而生畏。

不过，事情并不像看上去那样糟糕。你可以不需要专业的器材，甚至不需要一台独立的照相机——最有可能的是，你口袋里智能手机的拍照功能就能让你利用望远镜的目镜来拍摄一张相当好的月球照片。

你也不必等到天空完全变黑。月球、明亮的大行星和夜光云都可以在黄昏的天空中看到。

对于新近的天文摄影家来说，功能最全的相机是单反相机，它可以安装在三脚架上或通过转接口连接到望远镜来拍摄广阔的天空。单反相机有着适宜于天文摄影的功能，包括宽的ISO范围、可更换相机镜头以及能让你想曝光多久就曝光多久的B门。单反相机功能一体化、携带方便，拍摄后即可察看图像，因此你可以及时调整设置以获得最佳的拍摄图像。

开始拍摄

当在弱光下使用单反相机拍摄时，相机快门需要比白天更长的曝光时间以便收集所需的光线——也许需要几秒钟。如果你用手拿着相机，在曝光过程中想要一点都不抖动几乎是不太可能的，这会让你所拍摄的照片变得模糊。要解决这个问题，你需要一个稳定的三脚架。

有另外的被称为快门线的神奇配件可以使用。它让你能够远程操控快门，在按下快门按钮的时候不会产生任何抖动。如果你的相机具有延时功能，也就是在拍摄前会等待10秒左右，那么这个功能和快门线一样

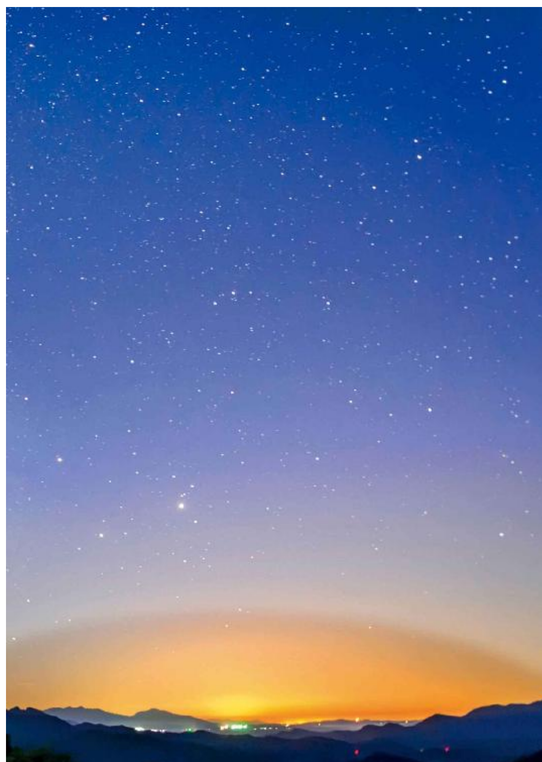
有用。打开定时器，按下快门按钮，往后站，等待快门的打开和关闭。

专业消费级和微单相机近年来已有长足进步，它们能够让你更改各种设置，拍出出色的照片。也有更多的专业相机——具有高帧率和制冷CCD器件，分别擅长拍摄行星和深空成像，但它们不太适合初学者。

如果你已有一个小型望远镜，你也可以尝试最直接的成像技术，即无焦成像。这种成像技术的名字来源于简单地把相机对准望远镜的目镜。你可以使用数码单反相机、傻瓜相机，甚至是智能手机来实现这一点。最难的事情是确保相机与目镜保持成一线，并保持手的稳定。



学习如何拍摄星空



你可以从以下3个非常棒的入门项目开始你的天文摄影之旅。

项目1：暮光美景

这是开始你的天文摄影旅程的好方法。寻找一幅包括黄昏天空、一轮低空新月以及一两颗行星的美妙构图。如果你能在构图框架中加上一些树木或建筑物，相对天空形成剪影，那么你会得到一幅更棒的照片。如果你有一台数码单反相机，请将其设置为手动模式，这样你就能得到各不相同的图像。把单反相机固定在三脚架上，尽可能地把相机的光圈调大。关掉自动对焦，要不低光照会导致相机来回搜索对焦；接着将焦距手动调到无穷大，使用不同的曝光时间，直到获得满意的照片。



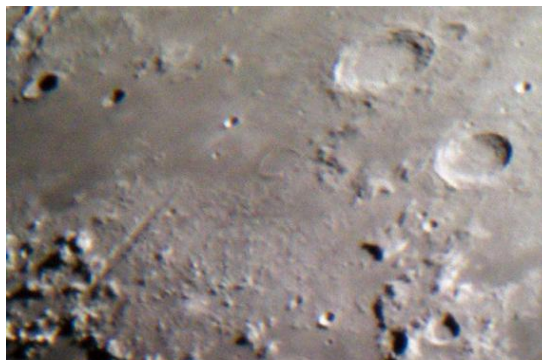
项目2：星轨

拍摄星轨的目的是捕捉恒星随时间的运动，从而展示地球的自转运动。除了安装在三脚架上的相机外，你还需要一根能远程控制的快门线。相机必须对准天空很长一段时间才能显现出恒星的运动——曝光时间可以从15分钟到几个小时不等。相机快门打开的时间越长，恒星的轨迹就会越长。在这样的长时间曝光下，任何光污染都会显现出来，因此天空越暗、越晴朗越好。一定要把北极星也包括进来，这样天空看起来像是在绕着北极星旋转。



项目3：月球无焦拍摄

你需要一台望远镜来拍摄月球，但可以用任何类型的相机——甚至是智能手机。将望远镜对准月球调好焦距，然后把相机放到目镜后面，按下快门。调整好相机与目镜的角度，然后保持相机稳定，这是最棘手的一步。能在相机屏幕上实时地看到图像让这一步会变得容易一些。为了达到最佳的拍摄效果，可以使用具有较长适瞳距的目镜，因为相机镜头可能不能像你的眼睛那样靠近目镜，这会让你错失部分图像。如果你的相机视场比目镜视场更大，那么图像边缘可能会变暗。



术语克星

曝光（快门速度）

快门速度决定了成像芯片暴露在经过镜头聚焦的光线下的时间。在长时间曝光时，快门打开的时间更长，能让更多的光线照射到相机的传感器上。

光圈（**f**/数）

光圈控制着能够到达成像传感器的光量。镜头光圈决定了f/数的大小，从而增加或减少通过镜头的光量。小f/数，比如f/1.8，意味着光圈最大，能让最多的光线通过。大f/数，比如f/8，意味着通过的光线少，但却由于焦距更长，能够提供更清晰的图像。

ISO设置（灵敏度）

ISO是数码相机传感器灵敏度的国际标准。ISO越低，相机对光的敏感度就越低。低ISO值通常用于拍摄明亮的天体，比如满月；高ISO值，比如3200左右，能让你拍摄到暗弱的天体，但会导致拍摄质量下降。

噪点

噪点是你所拍摄的照片上不同像素呈现的随机的“错误”颜色图案。通常是由于灵敏度设置过高造成的，你可以使用图像叠加等技巧来减少噪点。现代的相机，尤其是那些传感器更大的相机，受噪点的影响更小。



观测太阳系

我们的观测旅程始于太阳系，一个我们称之为家的空间区域，它凝聚于45亿年前形成太阳的那团星云外部。一个碎屑盘环绕着年轻的太阳，盘中的岩石和颗粒逐渐粘连在一起，变成越来越大的团块，最终形成行星。在太阳附近，由于太热，挥发性化合物被蒸发，于是岩石和金属的世界——水星、金星、地球和火星就诞生了。在更远的地方，冰和气体可以存在，于是气态巨星——木星、土星、天王星和海王星得以形成。

而这些只是冰山一角——我们的太阳系至少还有5颗矮行星和无数的小行星。我们经常看到来自远方的彗星，它们留下的碎片每年都会产生流星雨。当然还有月球，地球绕太阳运行时的永久伴侣。我们将在接下来的篇章里介绍如何观测它们以及观测更多的目标。

月球



我们地球唯一的天然卫星是所有天文爱好者的乐园。那里有许多有趣的景观，而且总是会有新奇的东西可以被展示出来。

作为地球上潮汐现象和微妙的生物钟周期的来源，也是人类迄今为止唯一涉足过的一个外星世界，月球似乎对我们来说是个熟悉且实在的地方。它的直径是地球的1/4，距离地球40万千米，是我们到金星距离的1/100。由于月球距离近、亮度高、视直径大，我们很容易就能理解为什么几个世纪以来月球一直让人着迷。

望远镜出现前的观测者注意到，月球上有着呈暗色斑块的不变图样，这些暗色斑块后来被称为月海，因为它们被认为是月球上的巨大水体。

我们之所以每个月都能够看到同样的月球特征，是因为月球相对于地球是同步自转的。也就是说，在绕地球公转一圈所需的27.3天（恒星月）内，月球还完成了一次自转。

同样明显的是，月球面对地球的那一半的光照在一个月内会发生变化——顺便说一句，这正是“月”这个词的来源。虽然太阳总是会照亮半个月球，但我们所能看到的被照亮的那一面的比例取决于月球在绕地球公转的轨道上的位置，于是这就产生了我们所看到的月相。

想象你从高处俯视地球、月球和太阳。当这3个天体排成一条直线，中间是月球时，月球将太阳光反射向远离地球的方向，形成新月（这时几乎看不到月亮）。此后，月亮慢慢以新相位出现在夜空中，一天天变大。我们用“渐盈”描述这一阶段。在新月一周后我们看到的月亮

则变成一个明亮的半圆。

这就是上弦月，也许有点令人困惑，它指的是月球位于其29.5天周期的轨道上的第一个1/4位置处，而不是指月球被照亮的一面的1/4被地球上的我们看见时的特殊位置。上弦月相位后被称为盈凸月。月亮的视面不断增大，直到新月之后大约两周，月球位于其绕地球公转轨道与太阳相对的另一边，满月出现了。当这3颗星球在一条直线上时，出现新月和满月的两个点被称为“朔望”。

满月之后，相位出现反转，月亮被照亮的部分看起来开始缩小。在经历了亏凸月之后，月球到达其公转轨道的3/4位置处，这就是下弦月，即“最后一个1/4”。月球再次变成半圆，这一半圆与上弦月时被照亮的那一半正好相反。在此后大约一周的时间，月球又会经历一轮残月的亏缺。在清晨的天空中我们可以看到这些变化。月球需要29.5天的时间来完成这个圆缺循环的“阴历月”周期，比其完成绕地球公转轨道一圈的时间要稍微长一点。这就是所谓的朔望月。

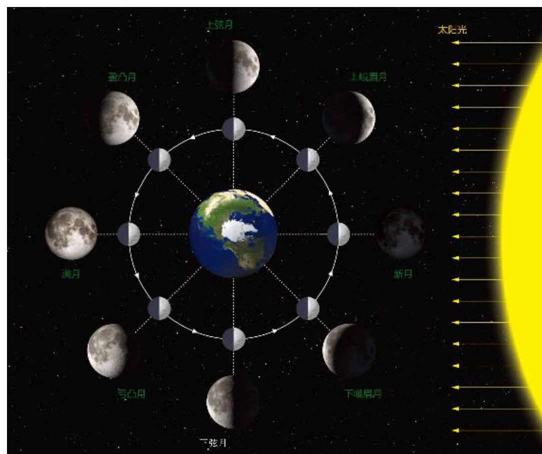
月球是开始你的观测之旅的理想起点，因为它的视面大，又非常明亮，有着令人惊异的细节。让大多数初学观测者感到意外的是，月球的变化非常规律。虽然始终是同一个半球面面向地球，但我们看到的月球却在每日每夜地变化着。

你可能会认为满月是观测我们这个“亲密伙伴”的最佳时间，但事实并非如此。虽然此时是观看一些著名环形山（陨石坑）周围长而明亮的辐射纹的最佳时期，比如第谷环形山，但由于太阳高高挂在月球的天空之上，意味着没有阴影绰叠，于是让月球看起来略微褪色。

一般来说，观测月面特征的最佳时机是其处于月球的昼夜分界线——明暗分界线附近的时候。当太阳升起或落下的片刻，环形山的边缘和山峰会清晰地显现出来，并在月球表面投下漆黑的阴影，彰显它们的存在。那些距离分界线较远的地方几乎看不到任何阴影，也更难以辨认。

月相

月球的外观因其相对于地球和太阳的位置而变化。



在月球运行周期的第0天，即新月这一天，整个月球的暗半球朝向地球。在接下来的15天里，明暗分界线慢慢地从东向西穿过月球表面，直到满月时月球圆面被完全照亮。然后，随着逐渐变暗的半球一天天向西移动，情况发生了逆转，直到月球在黎明前的曙光中消失，回到新月阶段。

摇滚的月球

月球的轨道运动产生了另一种对月球观测者有利的效应，我们称之为天平动，一种横摇摆动。月球的公转轨道是椭圆形的，因此它到地球的距离不是恒定的。当月球离地球最近时，它的公转速度较快，距离越远，公转速度越慢。这种微小的变化足以让月球绕它的自转轴来回“点头”，让我们偶尔有机会看到更多的一点月面东部或西部边缘的景观。

月球的公转轨道也是相对略有倾斜的，使得它有时出现在地球公转轨道平面的上方，有时出现在下方。随着时间的推移，我们可以一瞥月球的顶部和底部。总的来说，天平动现象使我们能够看到59%的月球表面，揭示出通常隐藏在我们视线之外的诱人特征。

月球术语

部分月面特征拥有拉丁名称，如下为它们的含义。

Catena...............环形山串

Dorsum（pl. Dorsa）. 月海中脊

Lacus............... 湖

Mare (pl. Maria) ... 海

Mons................ 山

Montes.............. 山脉

Oceanus............. 洋

Palus............... 沼泽

Promontorium........ 角

Rima (pl. Rimae) ... 裂纹

Rupes............... 悬崖

Sinus............... 湾

Terre (pl. Terrae) ..高地

Vallis.............. 谷

地球反照



月球不仅仅被太阳光照射，当它在傍晚或黎明的微光中呈细长的蛾眉月时，由于地球上的海洋和云层反射的阳光，有时可以看到月球的黑暗部分会微微发光。这种效应被称为地球反照。事实上，地球反射到月球表面上的光量比月球在满月时反射给我们的还要多。

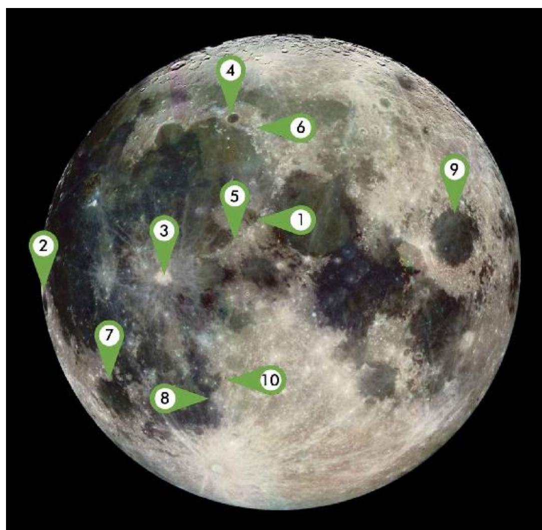
用肉眼很容易看到月相的变化过程，月球整个正面以及地球反照和主要的月海。双筒望远镜可以增加你能看到的细节：除了更暗的月海外，你现在还可以看到独立的环形山和大型月球山脉，尤其是在靠近明暗界线的地方。取决于不同的双筒望远镜，你能发现的最小的环形山也将不同，但是一个7×50的双筒望远镜应该能很轻松地显示出直径约50千米的环形山的特征。

用望远镜看到的月球景象令人惊叹，而且魅力永驻。在低放大倍数下，能看到的细节数量也是惊人的，尤其是接近明暗界线的地方，那里的阴影确实有助于强调细节。使用短焦距目镜提高放大倍数，可以让你更近距离地观察月球，实现“月球漫步”。

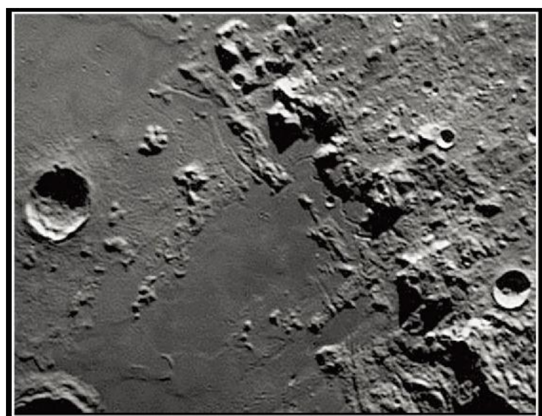
因为光学结构的不同，你通过天文望远镜看到的月球景象将与你用肉眼或双筒望远镜看到的不同。通过折射望远镜或折反射望远镜，我们看见的月球图像将从西向东翻转；而通过反射望远镜，图像将倒转过来。使用天文望远镜，你可能还会注意月球表面是否有轻微的摆动，是否有时甚至出现闪烁。这种效应是因空气在我们地球大气层中的流动造成的，气流越大，图像湍动就越厉害。

视宁度会分分秒秒不同，也会每晚不同。最好的观测时机总是在空气条件稳定，气流波动不那么剧烈时才出现。糟糕的视宁度会使细节丢失并使月面特征模糊。

十大月球观测景点



我们的邻居足以让天文爱好者忙上一辈子了，但对于你，可以将这**10**个特别景观作为观测的起点。



1 哈德利沟纹

器材：大型天文望远镜。

哈德利沟纹是阿波罗15号的宇航员探索过的著名景点之一，也是一个可以用大型天文望远镜探索的伟大目标。在适当的光照下，它出现在月球亚平宁山脉北端附近的一条蜿蜒的黑线上。



2 格里马尔迪环形山

器材：双筒望远镜。

肉眼可见的景观，用天文望远镜和双筒望远镜可以领略这个173千米宽的黑色盆地的许多细节，包括侵蚀的山壁、山脊和低矮的山丘。



3 哥白尼环形山

器材：小型天文望远镜。

哥白尼环形山位于一个绵延数百千米的巨大明亮辐射纹系统的中心，这个93千米宽的环形山有着独特的台阶式边缘。



4 柏拉图环形山

器材：小型天文望远镜。

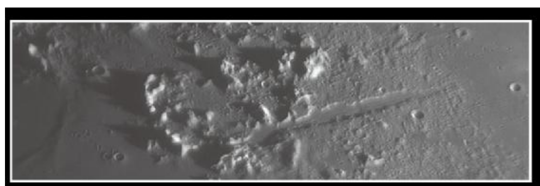
这个美丽的109千米宽的环形山坐落在雨海北部边缘的锯齿状地貌中。它有着平整的地貌，四围环绕着有趣的特点，包括柏拉图溪和特内里费山脉。



5 月球亚平宁山脉

器材：小型天文望远镜。

亚平宁山脉横跨月球表面，绵延900多千米。从侧面照亮时，山峰在周围景观投下巨大的黑色阴影，让它更加引人注目。



6 阿尔卑斯大峡谷

器材：小型天文望远镜。

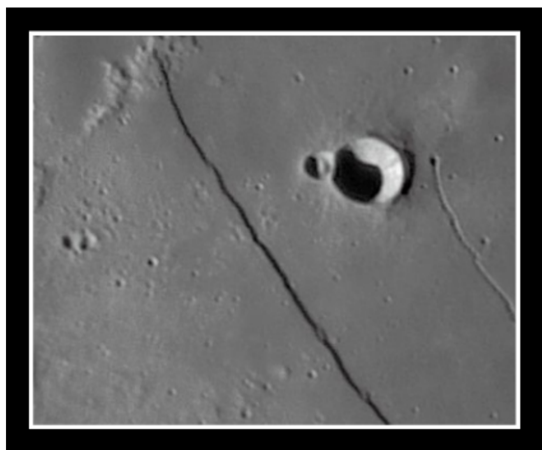
割开月球的阿尔卑斯山脉，这个130千米长的山谷是月球表面最有趣的地貌之一。这个山谷甚至可以用小型天文望远镜观测到。



7 伽桑狄环形山

器材：小型天文望远镜。

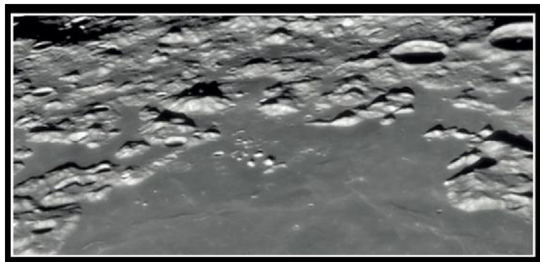
这是位于湿海北部边缘的110千米宽的迷人环形山。在适合的光照下，你会看到地表有一个超华丽的月谷网络。



8 直壁

器材：小型天文望远镜。

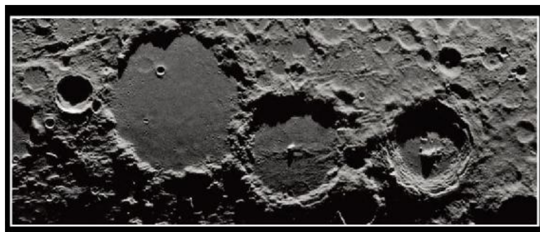
这条长110千米的断层是最著名的直壁，它矗立月球表面以上270米。在伯特环形山附近能找到这条细黑线。



9 危海

器材：双筒望远镜。

这片面积为620千米×570千米的月海是月球上最独特的地貌之一。它靠近月面东边缘，用肉眼可以清楚地看到它是一个黑色的椭圆形斑块。与其他月海不同，危海是完全独立的。它黑暗、看起来平整的表面有着较高的边缘，在明暗分界线接近和穿过月海时投下奇妙的阴影。

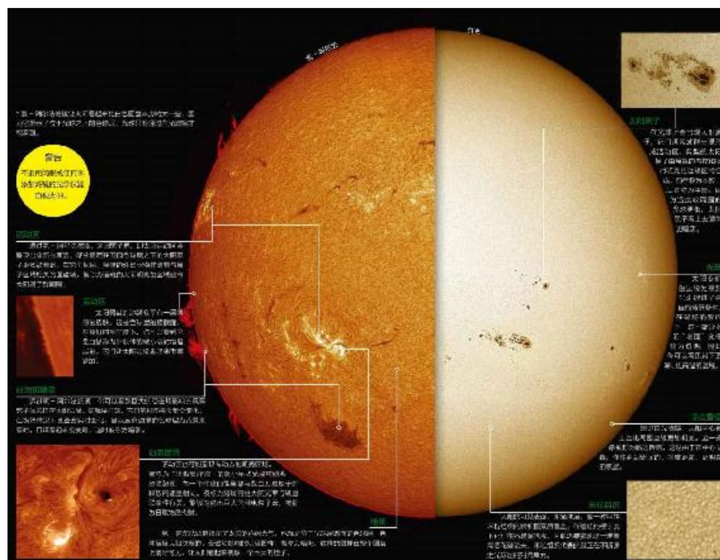


10 托勒玫、阿方索和阿尔扎赫尔环形山

器材：小型天文望远镜。

这3个巨大的环形山坐落在靠近月球中心的下侧。其中最大的是托勒玫环形山，它平整的表面上布满了许多小陨石坑。

太阳



通过白光滤镜和氢-阿尔法滤镜*，我们可以发现这颗离我们最近的恒星的惊人动态本性。

观测方法

从**DIY**手工设备到精密仪器，你可以安全地对太阳进行观测。

投影



太阳投影适用于小型折射望远镜。通过将一个屏幕——通常是一张纸——放置在目镜后面进行观测。利用这种方法，可以看到太阳的米粒组织、太阳黑子以及明亮的光斑。

白光太阳滤镜



在任何种类任何大小的业余天文望远镜上，都可以使用一张并不昂

贵的白色太阳观测片进行观测。一般为A4大小，透过它你可以观测到米粒组织、太阳黑子以及光斑。

私人太阳望远镜



像科罗纳多私人太阳望远镜（PST）这样的入门级氢-阿尔法天文望远镜一般会让你花费800英镑。这套设备能够帮助你看到日珥、暗斑、暗条以及许多与活动区相关的增亮现象，例如谱斑和耀斑。

氢-阿尔法望远镜与滤镜



要想观测更精细的细节，可以使用更大口径、带宽更窄的氢-阿尔法望远镜。这类望远镜通常需要几千或上万英镑。同样价位区间的氢-阿尔法太阳滤镜套装还可以用于夜晚观测的望远镜。

日食与月食



“食”是一种涉及太阳、地球和月球的，异常美丽的天象——它也是宇宙中惊人巧合所导致的结果。

当大多数人想到日食时，想到的是日全食，是日食的最精彩的一刻，当太阳、月亮和地球排成一条直线，月亮完全遮住太阳的时候。但即使在此时，太阳的光芒也没有完全消失。虽然中间的亮圆面消失了，但我们有可能会看到美丽的日冕弧线，同时地球进入虚假的薄暮时分。

日全食只能沿一条狭窄的，被称为全食带的观测走廊观测。随着到全食带距离的变化，不在全食带的观测者将会看到不同大小的日偏食。地球上距离全食带很远的地方，甚至根本不能看到日食。

日全食的发生是一个奇妙的宇宙巧合——太阳比月球大400倍，但月球距离我们是太阳距离我们的1/400，这意味着在大多数时间里，日、月在天空中看起来是一样大的。

月球绕地球的轨道不是一个完美的圆，这导致月球的视面大小每个月会变化14%。当月球看起来最小时，它就不能再填满太阳的轮廓。当日食在这段时间发生时，将发生日环食而不是日全食：在月亮轮廓的边缘仍然可以看到一个薄薄的太阳圆环，这几乎和日全食一样美丽。也有一些非常罕见的混合日食事件，会从日全食过渡到日环食。

在天空中排成一线

我们知道日食发生时，太阳、月亮和地球在天空中排成一线。那么，为什么我们每个月在新月时看不到日食呢？这是因为月球的轨道相

对于黄道（地球绕太阳运行的平面）倾斜5.3度。这意味着，即使俯看地球、月球和太阳是排成一条直线的（被称为“朔”），月球在轨道平面上的高度也可能过高或过低，无法挡住太阳光。

日食的几个阶段

初亏

月球第一次接触日轮，标志着日食的开始。

食既

月球完全进入日轮的那一刻，标志着日环食或日全食的开始。日偏食没有食既和生光。

最大食分

日全食或日环食过程中太阳被最大遮盖住时。

生光

当月轮与日轮的另一边接触，开始结束日全食/日环食，标志着日食结束阶段的开始。

复圆

月球尾缘与日轮断开接触，日食结束的时刻。

虽然每次日食只在地球上的部分地区发生，但在某些时候，月球影子中最黑暗的部分会错过地球，这意味着地球上任何地方都不会发生日全食。比如，在2014年10月23日，当时在北美洲可以看到日偏食——但要看到日全食，你必须飞到北极上空几百千米高的地方。

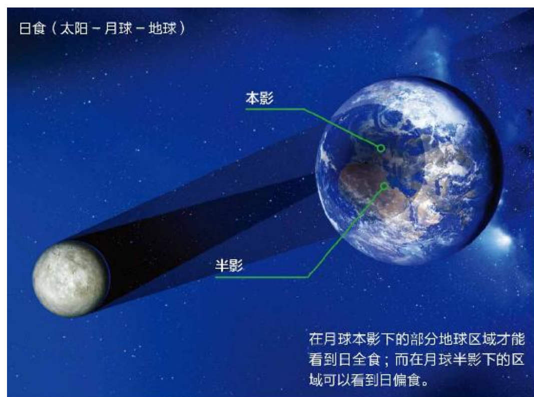
日月同食

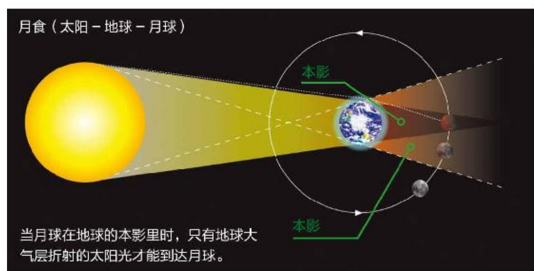
就像太阳会出现日食那样，月球也会出现月食。月食是月球进入地球的阴影，它比日食要容易发生得多，通常会持续一个多小时，而不是几分钟。

月食的程度取决于月球进入地球阴影的大小，以及它通过的阴影是哪一部分：较暗的本影或较亮的半影。

在月全食期间，整个月球会穿过半影进入本影，逐渐变暗，直到完

全被遮盖。在全食那一刻，没有太阳光直接照射到月球上，但有些太阳光通过地球的大气层折射到月球上。由于我们的大气层滤去了蓝光，因此月全食时月球常常呈现出一种奇怪的橙褐色。





当月球进入月食阶段并逐渐变暗，天空也会变得更黑。这时你可能才会意识到满月有多明亮。月球蓝色的薄雾照亮了周围的天空，从中只能看到较亮的恒星。在月全食期间，越暗的月亮意味着越暗的恒星会出现。我们最后看到的是被闪烁的星星包围的深红色月亮。

月全食时月球变暗的程度可以用L0～L4的丹戎标度来描述。由于月球只被透过地球大气层的光所照亮，它确切的颜色和黑暗程度将取决于大气层中的尘埃、火山灰及水蒸气影响太阳光路径的程度。1884年，喀拉喀托火山爆发后，大气层中的尘埃过多，月全食时的月亮非常暗淡，几乎不能被辨认出来。

月食还有其他两种类型：月偏食，即只有月球的一部分经过地球的本影；半影月食，即月球的一部分只经过较亮的地球半影。月偏食是相当明显的，但半影月食通常只会引起轻微的变暗。

不用光学仪器就能观测月食。对于日食，你总是需要使用经过认证的滤镜，或者将日食投影到一张卡片上。唯一例外的、可以安全地直视太阳的时候是日全食过程中短暂的全食阶段。规则很简单：如果你对安

全没有绝对的把握，就不要这样做。

行星

我们在太阳系的邻居也是天文爱好者的热门观测目标。

行星的数量多年来一直在变化。目前有8颗被正式认定的行星，以及5颗包括冥王星、阋神星和谷神星在内的矮行星。2006年，因为在其轨道附近发现了其他大小与其相似（甚至更大）的天体，冥王星失去了行星的地位。要符合今天对行星的定义，亦即满足行星在自身的引力下呈球形以及绕太阳公转的要求，一颗行星的公转轨道上必须没有其他大小相当的天体，而冥王星并不满足这一条件。

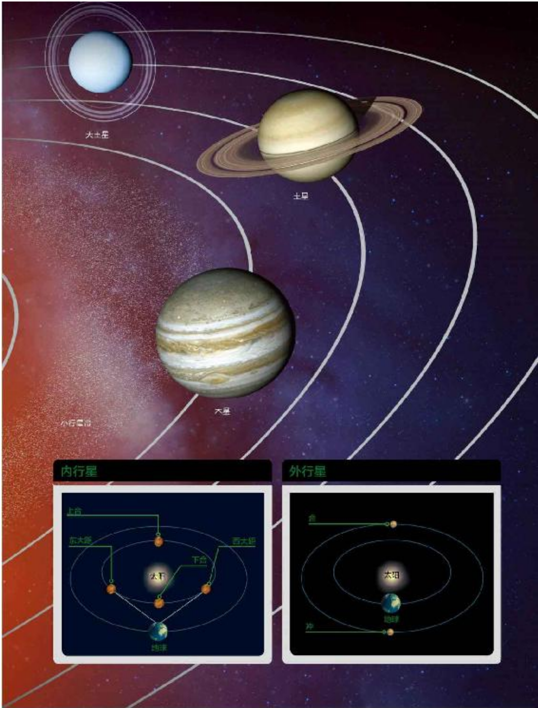
如果我们把地球的北极看作是“上”并建立任意的参照系，那么所有行星都围绕太阳逆时针公转。太阳的引力“势阱”是巨大的——可以把太阳想象成一个在蹦床上压出一个大坑的巨大保龄球。而行星就像玻璃球一样，围绕着保龄球太阳沿着大坑边缘滚来滚去。它们离太阳越近，受到的引力就越强，为了避免被拉入太阳并被摧毁，行星就会公转得越快。

公转速度的大小会影响从地球表面看到的行星穿越夜空的方式。土星在天空中像在爬行，几乎没有在恒星之间移动，而水星移动迅速，意味着它的位置每天都在发生相当大的变化。除太阳引力的作用外，还需要考虑太阳光的影响。我们之所以能看到行星是因为太阳把它们照亮了。行星的亮度是由许多因素决定的，包括它们与太阳的实际距离，它们到你眼睛的距离，以及它们的大小、物质组成和颜色等。

水星的升起

因为水星和金星比地球离太阳更近，所以它们被称为“内行星”。观测它们的最佳时刻是它们与太阳的角距离最远的时候，即“大距”的位置。在这些时候，行星只被太阳照亮了一半。在这之后，它们又回到了太阳的强光中，变得不那么明显了。当水星和金星在东大距时，它们在日落后落下；在西大距时，它们在日出之前出现。太阳会两次干扰我们对内行星的观测：即当地球、内行星和太阳排成一线时，这两个点分别被称为上合与下合。

在地球轨道之外的行星被称为外行星。对观测者来说，它们与水星和金星不一样，因为它们可以整夜可见。当它们中的任何一颗与太阳和另外一端的地球排成一条线时，被称为合。观测外行星的最佳时间是当它们接近地球的时候。这时候叫作冲，亦即行星和太阳分别处于天空中相对的两边时，这时外行星的整个盘面都被照亮：视觉上，此时的外行星几乎是最大、最亮的。



岩石行星



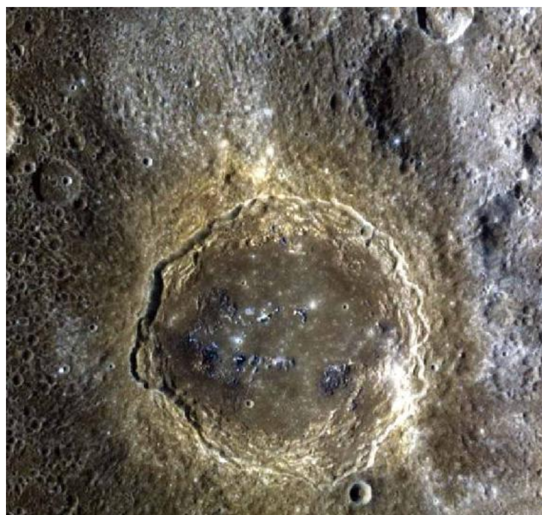
水星

直径：4880千米。卫星：0颗。距离太阳：5800万千米。

水星是离太阳最近的行星，它处在一个极端的地方。它是太阳系中体积最小、密度最大的行星，仅比我们的月球大一点点儿。水星自转一圈需要59个地球日，绕太阳公转一圈需要88个地球日。水星所处的位置意味着它面对太阳的一侧热得可以将铅融化，而阴影下的另一侧又冷得像南极洲。

各种原因导致观测这颗行星是个真正的挑战。它的移动速度很快，绕太阳公转的速度是地球的4倍，所以不要指望它会在天空的任何地方停留很长时间。水星的轨道是一个相当古怪的椭圆形，并且也有点倾斜，这意味着水星在轨道上的某些位置相比其他位置可能更适合观测，例如春天的傍晚和秋天的早晨。如果这些日子对你来说都不是问题，那么你可以选择其中任何一天进行观测，但因为水星永远不会离太阳太远，你只会有相对较短的观测期。

在春季日落30分钟后开始观测，你将有大约45分钟的时间去观测水星。在秋季将有更多的观测时间，你可以从日出前约1小时45分钟开始观测。



矮行星

直径范围：975千米～2330千米。

按照国际天文学联合会的定义，矮行星是一颗围绕太阳运转的天体（并非卫星），其形状呈球形（由于自身引力作用），但因为体积太小而无法清除其轨道上的其他碎片，因此不能被称为成熟的行星。这一分类是在2005年发现阋神星后形成的。阋神星是太阳系外部的一颗冰质天体，与当时被认为是行星的冥王星非常相似。经过激烈辩论，冥王星被降级到一个新创建的行星类别里，其中还包括太阳系外部的天体妊神星和鸟神星，以及小行星带内的谷神星。

谷神星是最大的矮行星，但个头仍然相对较小，所以你需要双筒望远镜才能找到它。最佳的发现冥王星的方法是连续几晚拍摄它所在天空区域的图像，并寻找那个微弱的移动点。

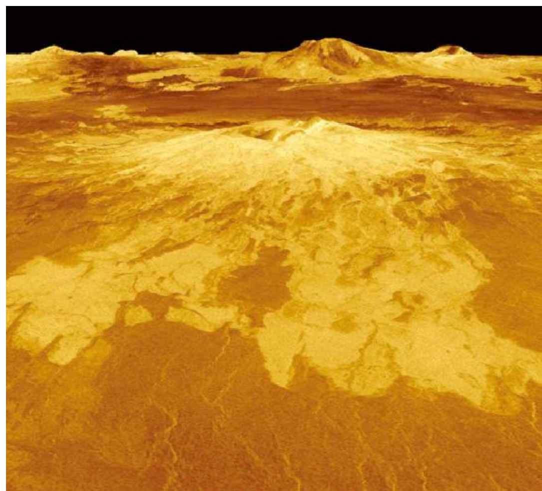


金星

直径：1.21万千米。卫星：0颗。距离太阳：1.08亿千米。

金星有时被称为地球的孪生姐妹——偶尔也被称为“邪恶”的孪生姐妹。二者大小和构成均相似，但金星浓密大气中的二氧化碳和硫酸云使其表面温度达到地狱般的470摄氏度。这颗行星的自转速度很慢，与大多数行星的自转方向相反，它绕太阳公转一圈的时间和地球公转一圈的时间差不多。

由于金星在轨道的运行速度比水星慢，因此连续几个月都可以观测金星，在日落后或日出前3小时都可见到它。当金星最亮时，它是天空中第三亮的天体，仅次于月球和太阳，这是由于太阳光从其明亮的白色二氧化碳云层反射回来。不同的可见时间让金星被称为“昏星”或“晨星”。金星距离地球很近，而且它个头相当大，这意味着金星是双筒望远镜很好的观测目标，通过双筒望远镜你可以很容易地看到金星的较大相位。



火星

直径：6800千米。卫星：2颗。距离太阳：2.28亿千米。

这颗红色行星是太阳系中最受欢迎的太空探索地。目前已经有数十次空间任务访问过火星，它们对火星的地貌进行了令人难以置信的细致探索。火星相比地球体积更小，但陆地面积相同。火星的表面令人想起寒冷的岩石沙漠，到处都是峡谷和火山。这颗行星有极冠和主要由二氧化碳组成的稀薄大气层。尽管今天的火星很干燥，但火星的矿物盐和岩层表明，火星在过去是湿润的，并可能孕育了生命。

火星与水星和金星的不同之处在于它在太阳系所处的位置。火星在地球轨道的另一边，这意味着它可以从日落一直“上升”直到日出。一个小型天文望远镜可以发现浅色红锈色区域，以及亮白色的冰盖和较暗的斑块，在过去人们认为这些是火星上的“城市”。



气体与冰的“巨人”

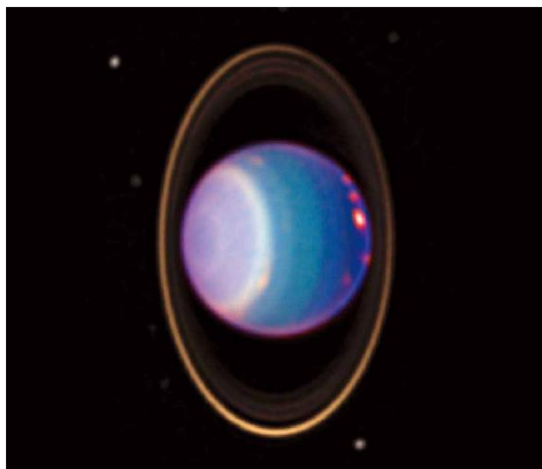


天王星

直径：5.1万千米。卫星：27颗。距离太阳：28.7亿千米。

1781年，威廉·赫歇尔第一次用望远镜发现了天王星。天王星的蓝绿色来自于氢和氦的大气中的大量甲烷冰，大气中也含有水冰和氨冰。像金星一样，天王星从东到西自转。其自转轴相对于轨道平面倾斜近90度，暗示着它可能曾经受到过巨大的冲击。1977年发现了天王星的5个环；1986年，旅行者号探测器又发现了6个环；2005年哈勃空间望远镜又发现了两个环，使环的总数达到13个。

视觉上，不管你是用眼睛、双筒望远镜还是天文望远镜，天王星都没有什么特别的。只要你抬起头，你可以看到这个气态世界就像一颗在可见范围内的非常微弱的恒星（亮度大约为mag.+5.6）。然而，在有光污染的地方，你会看不到它，因此观测天王星时，天空必须非常黑暗。利用天文望远镜，可以稍微改善一下观测效果，你会看到一个绿色的斑点。

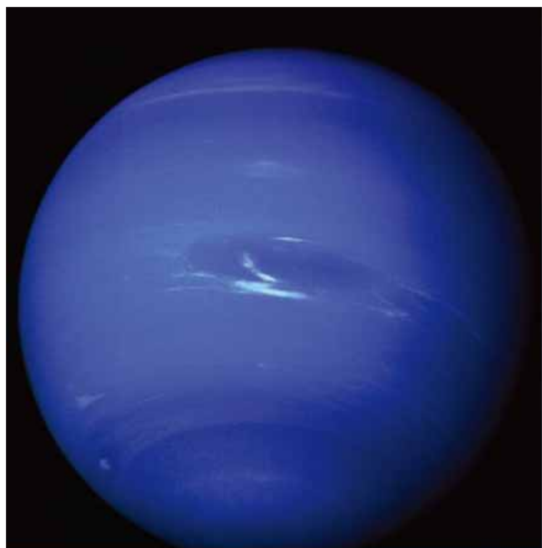


海王星

直径：4.95万千米。卫星：13颗。距离太阳：45亿千米。

海王星的成分与天王星相似，主要由氢和氦组成，混合有甲烷冰、水冰和氨冰。但与平淡无奇的天王星不同的是，海王星总被风暴天气所“摧残”，巨大的风暴在云层中翻腾。海王星的风速是太阳系中最快的，达到惊人的600米/秒。海王星有6个已知的环。光环内部似乎有明亮的团块，可能是短暂的碎片聚集。

海王星亮度约为mag.＋8.0，至少需要双筒望远镜才能看到，除此之外就没什么好玩的了。用望远镜观察时，海王星看起来也像一颗蓝色的“恒星”，但没有它更大更近的行星同胞那么壮观。如果你有一个非常大的天文望远镜，你也可以看到海王星最大的卫星，海卫一，其亮度为mag.＋13.5。



土星

直径：12.05千米。卫星：62颗。距离太阳：14.3亿千米。

土星以其壮观的环而闻名。环是由数百万块冰组成的，这些冰块铺展成薄薄的圆盘，只有几十米厚，但从土星表面向外延伸10万千米。环形成或宽或窄的亮带，许多颗卫星在环内绕土星运行，其中一些卫星让环产生了巨大的缝隙。像木星卫星一样，业余观测者也能看到土星的其中一些卫星。

土星的亮度因土星环倾斜的方式和反射太阳光的多少而不同。当土星环以边缘对着我们时，从地球上看土星并不明亮，但当土星环逐渐面向地球上的观测者时，土星的亮度会在7.5年里逐渐增亮。然后土星又会以同样的周期变暗。如果你想知道为什么是7.5年的时间，因为7.5年是土星绕太阳公转周期的1/4。

理解土星倾斜效应的最好方法是走出去看看这颗行星——它确实是能用望远镜观测到的太阳系奇观之一。望远镜的大小并不重要，一个被环包围的世界总是惊人的。这个小小的环形世界悬挂在一个巨大的、漆黑的视场中，这种景象是不可思议的。更大的望远镜则能够展示环和土星上的更多细节。



木星

直径：14.3万千米。卫星：67颗。距离太阳：7.78亿千米。

木星是太阳系中最大的行星，它的质量比其他所有行星加起来都要大，在引力方面仅次于太阳。1994年，它使苏梅克-列维9号彗星碎裂并诱使彗星碎片撞向其转动的云层。2009年和2010年也记录了其他可能的彗星撞击事件。木星大部分是气体，其氢和氦的组成比例与太阳相似。

利用一个好的双筒望远镜，你首先会注意到木星最著名的4颗卫星：木卫一、木卫二、木卫三和木卫四。在1610年，伽利略就发现了它们。用望远镜你会看到一个稍微被压扁的球体，这是由于木星快速自转，木星的“一天”不到10个小时，导致木星赤道向外膨胀，两极变平。木星多云的大气层呈现出由白色区域分隔的暗带。你看的时间越长，就能发现它越多的表面特征，所以要留意斑点、瑕疵和扭结。当然，木星最著名的特征是“大红斑”，它是一场风暴，会随着时间的推移而改变形状、大小和颜色，通常呈现为灰白色。



木星和土星的卫星

这两个巨大的天体拥有数不清的自然卫星。

木星各方面都宏伟异常。它不仅是最大的行星，相当于1321个地球，而且它极可能拥有最大的卫星群。我们已知的木星卫星有67颗，虽然其中有许多颗卫星相当小，无法从地球上观测到，但只要一个小型双筒望远镜，你就能轻易地发现其中最大的4颗卫星。

它们是木卫一艾奥、木卫二欧罗巴、木卫三盖尼米得和木卫四卡利斯托，这4颗伽利略卫星，得名于17世纪早期发现它们的伽利略。

观测这4颗卫星的双筒望远镜的最小尺寸是7×50，它可以将你眼中所见放大7倍，并且拥有直径50毫米的前置透镜。把双筒望远镜放在墙上或栅栏上，甚至把它们装在三脚架上，你的视野就会得到大大改善。利用一台7.62厘米~15.24厘米（3英寸~6英寸）的天文望远镜，木星卫星看起来会更亮，在视场里看起来也会更大。如果你没有看到所有4颗卫星，也不要担心，当卫星绕着行星运行时，它们可能在木星的后面或正前面。

利用一台拥有超过15.24厘米（6英寸）前置透镜的天文望远镜，你将能看到木星本身的细节，包括伽利略卫星偶尔投下的阴影。

观测卫星

同为气态巨星的土星有62颗已知卫星，但只有7颗可见。由于体积巨大，土星卫星中最容易被看到的是土卫六。这颗卫星直径有5152千米，比水星还要大。在自然卫星排名中，它是太阳系第二大卫星，仅次于木星的木卫三。它也是唯一一颗有真正大气层的卫星。当你透过望远镜凝视它时，你实际上看到的不是土卫六的表面，而是它富含氮的云顶。就亮度而言，木卫六的亮度可以达到mag.+8.4，因此双筒望远镜就可以很好地观测到它。如果使用小型天文望远镜，那你就可以毫不费力地看到它了。

木星著名的伽利略卫星

木卫一

直径：**3640**千米。

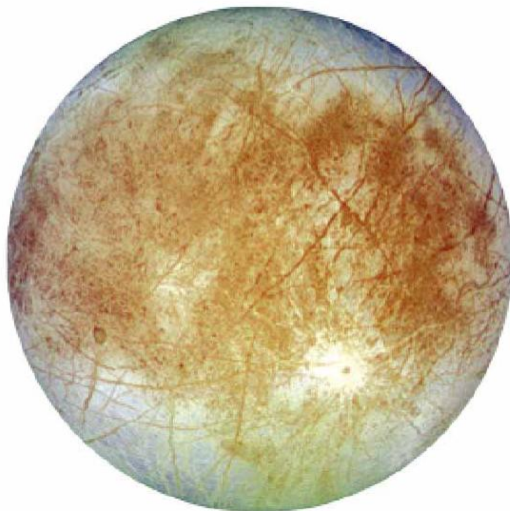
4颗伽利略卫星中最靠近木星的一颗。因为受到木星巨大的引力，再加上它到木星的极近距离，意味着木卫一绕木星一周只需要1.75个地球日。这样的快速公转利用小型天文望远镜很容易就能观测到：木卫一会在几个小时内明显地改变位置。



木卫二

直径：**3140**千米。

木星的第二颗伽利略卫星。木卫二理论上应该是肉眼可见的，因为它的亮度为mag.＋5.3。但木星压倒性的光亮导致很难区分出它的卫星。由于其光滑的冰质表面，木卫二显得非常明亮，或许它的表面下有一片海洋。



木卫三

直径：**5260**千米。

木卫三不仅是木星最大的卫星，也是整个太阳系中最大的卫星——虽然只比第二大的卫星大一点点。这是一个有着寒冷冰质表面，广阔暖冰（也可能是水）地幔，岩石内部和液态铁核的世界。



木卫四

直径：**4820**千米。

伽利略4颗卫星中的最后一颗是木卫四。它是太阳系第三大卫星，仅次于土星最大的卫星土卫六。木卫四冰封而古老的表面上布满了陨石

坑，这些陨石坑可以追溯到太阳系早期。



土星最适合观测的卫星



土卫六

直径：**5152**千米。

土星最大的卫星公转周期为16个地球日。在它距离最远时，土卫六距离土星大概是土星环直径的5倍。最亮的时候土卫六亮度是mag.＋8.4，用品质优良的双筒望远镜就可以看见。土卫六的质量占绕土星运行的所有天体质量的96%以上。



土卫五

直径：**1528**千米。

土星的第二大卫星，太阳系第九大卫星，在当前土星卫星表中距土星的距离排第20位。它的公转周期为4.5个地球日，公转轨道的大小不到土星环直径的2倍。其亮度为mag.＋9.7等，因此土卫五也是7.62厘米（3英寸）折射望远镜容易观测到的一个目标。



土卫八

直径：**1469**千米。

这是土星的主要卫星中体积第三大、距离最远的一颗。它79天公转周期的轨道是土星内部卫星中最倾斜的，其距土星的距离超过12倍环直径。亮度范围从mag.＋10.1到mag.＋11.9，因此需要口径约为15.24厘米（6英寸）的天文望远镜才能看到它最黑暗的一面。



土卫四

直径：**1123**千米。

这颗卫星在2.7个地球日内沿1.5倍环直径的公转轨道运行。它的亮度为mag.＋10.4，因此在黑暗的夜晚可以用7.62厘米（3英寸）的折射望远镜看到它。它是土星密度最大的卫星，意味着它可能有一个巨大的岩石内核。两颗较小的卫星——土卫十二和土卫三十四共享它的公转轨道。



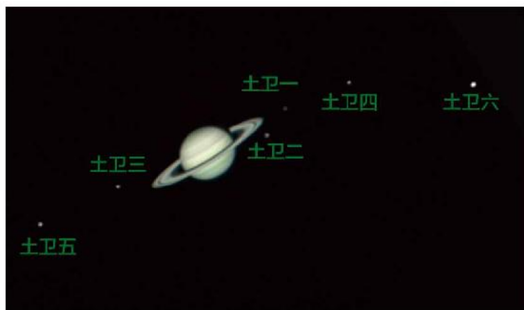
土卫三

直径：**1060**千米。

这颗卫星绕着距离行星1倍环直径的公转轨道运行，公转周期为1.9个地球日。它的亮度为mag.＋10.3，可以被7.62厘米（3英寸）口径的折射望远镜发现。土卫三有一个大峡谷，环绕该卫星3/4的周长。它还有两颗同轨道卫星，土卫十三和土卫十四。



木星的4颗伽利略卫星可以用天文望远镜或双筒望远镜观看。



土星，由于距离我们比木星更远，需要更大放大倍数的望远镜观看。

剩下的6颗卫星都可以用15.24厘米（6英寸）的天文望远镜观测。按照亮度排序，土卫六之后是土卫五，它的亮度为mag.＋9.7，土卫三为mag.＋10.3，土卫四为mag.＋10.4，土卫二为mag.＋11.8，然后是古怪的土卫八。

1671年，最后的卫星土卫八不寻常的性质很快被它的发现者、意大利天文学家卡西尼发现。他第一次看到这颗卫星是在土星的西侧，但在后来的搜索中发现它不见了，而按理这时它本应该在土星的东侧。

直到34年后，因为天文望远镜的改进，卡西尼才最终看到了东边的土卫八，因为当它在那里的时候，它几乎暗了两个星等。卡西尼做出了正确地推断，这是因为这颗卫星有一个非常明亮的半球和一个非常黑暗的半球，并且其受到土星的潮汐锁定。

这意味着，就像我们的月球一样，土卫八总是以同样的面貌朝向土星。由此可见，当土卫八位于土星的东边或西边时，从地球的角度我们看到的是它的不同部分。于是，土卫八的亮度在mag.＋10.1至mag.＋11.9变化。然而，土卫一才是真正的黑暗冠军，它的亮度为mag.＋12.9等，需要完美的观测条件并且没有任何光污染，才能清楚地观测到。

流星



流星雨是以它们辐射点所在的星座命名的。

流星是彗星或小行星的微小碎片在天空划出的明亮条纹，是非常壮观的景象。

你可能知道流星也被叫作“闪过的恒星”，但事实上并没有恒星闪过。划过天空的这些令人注目的明亮轨迹有着更加平淡无奇的来源：一颗沙粒大小的尘埃颗粒与地球大气相碰撞，从而发出绚丽的光迹。

在任何晴朗的夜晚，每小时你都可以看到几颗偶发的或零星的流星，但更可靠的方法是在每年都会发生的某次流星雨中寻找流星。当地球穿过一颗消失已久的彗星留下的碎片的轨迹时，就会发生流星雨——这些聚集的碎片等待着在地球大气层中被燃烧。

流星雨有着所谓的“极大”，亦即你可以看到最多的流星的那个晚上。流星数目可能会有相当大的差异，但像英仙座流星雨这样的著名流星雨，在晴朗无月的夜晚，高峰期平均每分钟会出现一颗流星。还有一种可能性是，在母彗星引发的流星雨之后，一群不期而至的密集流星体可能会出现在彗星碎片的轨道上；流星雨动力学还没有被人们完全理解，惊喜随时会出现。

然而，重要的是要记住，大多数流星雨一般至少会活跃几天，有些甚至会持续几周，因此你不应该把你的观测时间局限在预测的流星雨极大的那天。变幻莫测的云层和月光意味着在流星雨出现的那一周，你应该时刻保持警惕，抓住每一个观测机会，增加观测成功率。

实用注意事项

当你想要观测流星雨时，首先要考虑的是在哪里观看流星雨。如果你恰恰生活在有光污染的地方，你可以走出城镇到更偏远的地方去，这会让你的观测体验迥然不同，但要注意个人安全。舒适对于任何观测方式来说都是最重要的事情，尤其是整夜的流星观测常常会需要你长时间保持静止不动。

术语克星

流星体

太空中比小行星还要小的岩石碎片。

流星

进入地球大气层的一块小小的太空碎片，大小看着通常像沙粒。它与地球大气摩擦从而发光，在天空中形成明亮的条纹。

陨石

在地球大气层中燃烧后残余的并撞到地面的流星体被称为陨石。这些碎片是关于太阳系历史的有用的信息来源。

辐射点

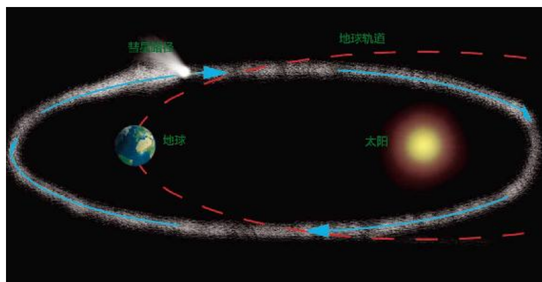
辐射点是（与特定的流星雨相关的）流星在天空中看起来出现的那一点。辐射点所在的星座给予流星雨名字。例如，猎户座流星雨的辐射点就位于猎户座。

天顶每时出现率（**ZHR**）

这是流星雨活动性的一种衡量标准，天顶每时出现率（ZHR）指的是在辐射点位于头顶的理想条件下，每小时预计的能看到的流星数目。

流星雨的形成

当彗星接近地球时，太阳的热量会蒸发彗星所含有的冰。随后，彗星产生的大部分尘埃会跟随彗星，并随着时间的推移，沿着整个彗星轨道扩散。当地球闯入这条尘土飞扬的路径时，许许多多的尘埃颗粒会与地球大气相碰撞，从而产生我们所看到的流星雨。



你最好的选择是躺在舒适的日光躺椅或花园躺椅上扫视天空。因为要躺很长时间，所以保暖非常重要，你要戴上帽子，防止热量从头部散失，并且一定要依偎在睡袋里。夏季时，你可能还需要考虑带上驱蚊剂，带上一些食物，在保温杯里装上你最喜欢的热饮，时不时喝上几口——喝水很重要，再加上一点咖啡的话，肯定会让你保持清醒。

平行线

来自同一彗星的碎片往往会以平行的路径穿越太空，因此产生的透视效果意味着它们在大气层中的轨迹似乎汇聚到被称为辐射点的地方，流星看起来就是从那里散发出来的。流星雨就是根据其辐射点所在的星座（有时是距离最近的恒星）来命名的。

流星雨的最佳观测时间是在午夜过后不久，也就是预测的活动高峰期，此时天空最为黑暗，并且地球的自转方向与地球在太空中的运动方向一致，让即将到来的流星速度更快。不要直视辐射点，而要把目光向上集中在天空中最黑暗的地方，那里不会有树木和建筑物的遮挡。如果你是结伴观测，那请尝试分别观看天空的不同方向，这样你们就能捕捉到尽可能多的流星。当天空中不可避免地出现月球时，尽量确保月球不在视野范围内，也不要让月光从附近的墙壁或窗户上反射过来，否则会严重影响你的夜视能力。和其他的天文观测一样，你的眼睛至少需要20分钟才能在黑暗中达到最高敏感度。

如果你需要参考星图或书籍来寻找辐射点，最好使用暗淡的红光，而不是白光，这样你就能保持对黑暗的适应能力；如果你使用智能手机应用程序来寻找辐射点，最好在屏幕上贴上红色玻璃纸过滤光线。

在做记录时，你总是有可能错过当晚最棒的火流星，所以最好是紧盯着天空，用录音笔来记录。试着记录下流星出现的时间、流星轨迹的起点和终点，并估计最明亮的流星的亮度。

流星日志

象限仪座流星雨

极大：1月3日附近。

ZHR最大值：每小时120颗。

活动期：1月初。

宝瓶座**ETA**流星雨

极大：5月6日附近。

ZHR最大值：每小时60颗。

活动期：5月初。

英仙座流星雨

极大：8月12日附近。

ZHR最大值：每小时80颗。

活动期：7月中到8月中。

猎户座流星雨

极大：10月21日附近。

ZHR最大值：每小时26颗。

活动期：10月中下旬。

狮子座流星雨

极大：11月18日附近。

ZHR最大值：通常每小时15颗，但可能会更高。

活动期：11月中下旬。

双子座流星雨

极大：12月13日附近。

ZHR最大值：每小时110颗。

活动期：12月中下旬。



流星轨迹的末端通常呈锥形——这是一种你可以将其与卫星区分开来的方法。

彗星



一颗肉眼可见的壮丽彗星可能会被称为“著名彗星”，就像C/2006 P1麦克诺特彗星一样。

作为太阳系的冰冷流浪者，壮观的彗星一生中可能只会被看见一次。

彗星是太阳系里的流浪者，当出现在我们的天空时，它们可能是最为壮观的天文景观之一。这些神秘的访客在经过时总会激发出人们的想象力，经过多年的仔细观测，天文学家已经巧妙地揭开了彗星隐藏在其光芒之下的秘密。

彗星的核心是彗核，一个混有岩石和尘埃的冰核，有几千米宽。虽然有时会被称为“脏雪球”，但在彗星上发现的冰要比地球上的冰奇特得多。

当罗塞塔号探测器到达67P/丘留莫夫-格拉西缅科彗星时，它对彗星的彗核进行了首次现场分析，不仅发现了水冰，还发现了二氧化碳和

一氧化碳，以及氨、甲烷和甲醇的痕迹。这些高度挥发性的化合物在地球上主要以气体或液体的形式存在，但由于太空深处的寒冷，它们被冻结成与岩石一样坚硬的固体。

这些雪球在巨大的椭圆轨道上运动，在运动到数十亿千米远的太阳系外部区域之前，它们会短暂地造访太阳系内部。有些彗星，如哈雷彗星，其轨道周期只有几年或几十年，因此被称为短周期彗星。另一些被称为长周期彗星的彗星则飞得更远，进入太空深处，需要数千年才能完成一个轨道来回。

在轨道上的大多数时间，彗核始终是一块惰性冰团，但随着彗星接近近日点（它最接近太阳的地方），情况会发生变化。当距离足够近时，太阳辐射会加热彗星表面，导致彗星中的挥发性成分汽化。随着气体逃逸进入深空，彗星会掀起尘埃，形成围绕在彗核周围超过5万千米厚的笼罩物——彗发。

彗尾的故事

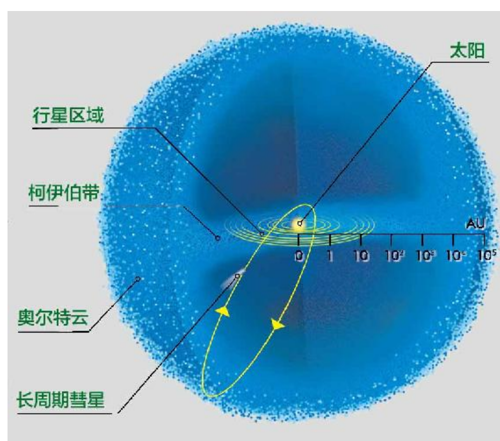
当彗星越来越接近太阳时，彗发包层会受到太阳更严重的影响，在太阳风和磁场的影响下，彗发中的气体会被吹出形成一个巨大的彗尾。彗尾可以延伸数百万千米，横跨太阳系的大片区域。彗尾中的一些碎片会残留在轨道上形成流星体。其中一些流星体会穿越地球轨道，当每年地球经过这些残留物时，就会看到这些碎片在大气层中燃烧，形成流星雨。

对于大多数彗星来说，与太阳的近距离接触所受到的影响，不会比融化脱落又一层彗核物质更大。然而，有时候彗星会距离太阳太近，在高温和重力作用下，彗核会发生分裂，就像2013年12月的C/2012　Sl艾森彗星那样。

彗发和彗尾反射的太阳光能让彗星这些天外访客在夜间闪亮，使其成为天文学家的热门观测目标。彗星不同于每年都有的流星雨，它是一种更加短暂的天象，并且遵循各自的时间表。然而，每年都有一些彗星能使用小型望远镜观测到。

它们来自何方？

行星形成后，剩下的物质合并形成两个区域。其中内部的区域，位于45亿~74亿千米之外，是柯伊伯带。人们认为短周期彗星是从这里被撞出轨道而形成的。除柯伊伯带外，是距离太阳3.2光年的奥尔特云。如果一颗路过的恒星将奥尔特云里的某颗天体踢出轨道，就会形成一颗长周期彗星。



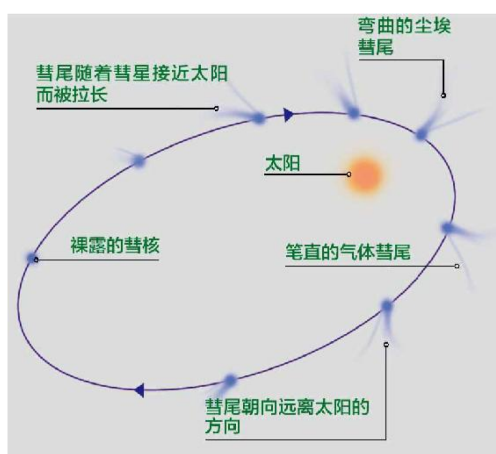
即使我们知道彗星什么时候可能出现，以及它所运行的路线，也没有人能猜到它一旦进入太阳系内部会是什么情况。彗星会离太阳非常近，专家们确信会出现非常壮观的景象，在近日点时彗星可能会分裂或者只是显现壮观的彗尾。

然而，大约每10年就会有一颗彗星离地球足够近，而且明亮到可以用肉眼看到。当其中的某颗彗星确实异常特别时，它可能会被冠以“著名彗星”的称号，一颗如此壮观的彗星出没将会被人们铭记数百年（甚至数千年）。

过去，彗星是死亡和战争的预兆，如今，能够幸运地观测到这些捉摸不定的访客则是最令人兴奋的事。

追逐彗尾

彗星最吸引人的地方当然是它巨大的彗尾了，但并不总是为人所知的是彗星其实有两条彗尾。最明显的是被太阳风吹出形成的弧形尘埃彗尾。然而，当磁场捕获气体后，会形成微弱的第二条彗尾。有时候，彗星相对于地球的位置会导致它的两条彗尾朝向不同的方向。



著名彗星

它是夜空的主宰或是空间探测器的着陆地，是最著名的彗星之一。



海尔-波普彗星

最近点：1.36亿千米。周期：2520～2533年。知名原因：在1996～1997年间，它的肉眼可见的记录为持续18个月，海尔-波普彗星吸引了全世界公众的瞩目，它将在公元4385年左右回归。



67P/丘留莫夫-格拉西缅科彗星

最近点：1.86亿千米。周期：6.4年。

知名原因：它是罗塞塔空间探测任务的目标，罗塞塔号探测器绕着彗星进行研究，并将菲莱号着陆器送到了彗星表面，在彗星上它发现了水和有机物质。



白昼大彗星

最近点：1900万千米。周期：5.73万年。

知名原因：它在公元1910年1月被发现，该彗星非常迅速地变亮，直到比金星还亮。地球上东、西两个半球都可见此彗星，它的彗尾是明显弯曲的。



哈雷彗星

最近点：8800万千米。周期：75.3年。

知名原因：地球上肉眼可见的唯一一颗已知的短周期彗星，它最早在公元前240年就被观测到了。

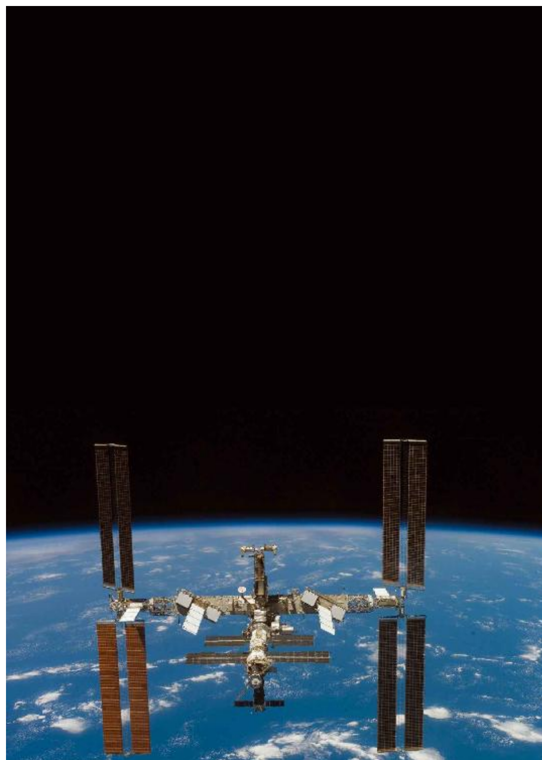


池谷-关彗星

最近点：45万千米。周期：876.7年。

知名原因：1965年，池谷-关彗星近距离掠过太阳，成为1000年来最明亮的彗星之一。它被认为是公元1106年发现的大彗星的碎片之一。

国际空间站和人造卫星



像铱星闪光一样，国际空间站也可能比金星还明亮。

在地球上，月球并不是我们可以看到的唯一卫星。

在夜空中可以看到两种类型的卫星，一种是自然卫星，比如月球，另一种则是我们发射到轨道上的人造卫星。在所有的人造卫星中，国际空间站（ISS）可能是最著名的。我们很容易就能预测到它的出现，它常常以固定的路线闪亮地划过天空，令人惊叹不已。

这个人类的“太空探索前哨站”通常看起来只是一个点，它逐渐变亮并划过天空，然后再次变暗。有时国际空间站看起来很明亮，然后却突然地消失在视野中。当国际空间站沿轨道进入地球阴影时，它就会突然变暗。由于大多数观测都是在傍晚时分进行的，所以当国际空间站运行到东边天空时，它就会消失不见。如果你是个爱早起的人，早晨地球的影子就会在西边。当它从地影中返回太阳光照时，国际空间站就会立刻被“点亮”。

太阳能

太阳光与卫星表面的相互作用使事情变得很有趣。具有较大反射面的卫星可能会比较闪亮，有时甚至十分明亮。最亮的闪光事件是由组成铱星星座的铱星引起的：这里的“星座”是指一组卫星的集合。当你看到其中的一颗迅速变亮时，就是我们所知的铱星闪光。

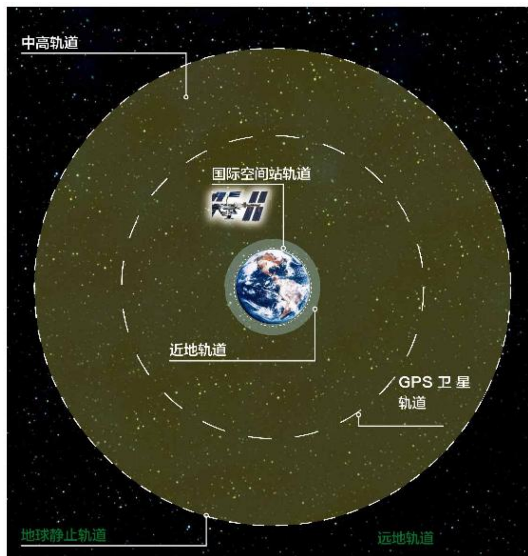
铱星闪光背后的科学原理非常简单，那是因为星座内每颗卫星都有3个宽大平整的反射天线。当太阳光恰好以正确的角度照射在天线上时，从地球表面某些局部区域来看，铱星就会变得明亮。然而，值得注意的是，有很多方法可以精确到秒地预测何时可以从你所处的位置看到铱星闪光。在这里我们说的并不是微弱、模糊的闪光：一些铱星闪光可以将卫星的视亮度从接近暗弱恒星的亮度增强到比金星还要亮。



铱星闪光可以非常明亮，甚至mag.-8.0一样耀眼夺目。

最亮的铱星闪光差不多有约mag.-8.0，夺目的亮光足以轻易地照亮任何可能挡道的薄云。从理论上讲，这样的闪亮登场甚至可以在你身后投下影子——不过当闪光发生时，不会有任何人转过头向后看。当然，不是所有的铱星闪光都会达到这种亮度，不同观测地的铱星闪光亮度也不同。你可能并不会处在地球上能看到铱星闪光亮度峰值的地方。

很快你就会发现，其他卫星也可以出现闪光事件，尤其是对流星记录仪来说，卫星闪光一直都在发生。一颗闪耀的卫星达到其亮度的峰值，然后却被相机快门直截了当地截断，这与你从明亮的流星轨迹上看到的景象非常相似。



有3种不同的卫星轨道，卫星可以在里面绕地球运行。国际空间站位于近地轨道，海拔约400千米。

卫星路径预测

有许多不同的方法可以预测卫星经过的路径。

“Heavens Above”网站

最受欢迎和重视的方法之一是使用Heavens Above网站。你可以创建一个免费账户，记录你的观测地位置并生成许多不同的卫星观测预测图。星图上会标记出可见的卫星路径，你可以点击路径的日期，通常会弹出一幅全天星图显示卫星在群星间穿梭经过的星座。只要你对星座有基本的了解，那么根据你的观测地得到的卫星轨迹应该很容易识别。反之，如果你对星座不是很了解，那么这也是一箭双雕学习夜空的好方法。

其他预测软件和**APP**应用

对稍有技术头脑的人来说，有许多优秀的软件可供使用，比如WXTrack，它可以直接在一台Windows个人电脑上预测许多卫星的运行轨迹。同样也有可以用于其他操作系统的应用，包括智能手机的APP应用。其中一些应用需要购买许可才能使用，但也有很多免费应用可供选择。

保证准确性

计算机预测的一个问题是其可靠性。这可能是由于程序本身的问

题，或者你没有正确地设置你的位置、日期或时间。如果卫星数据没有定期更新，也会影响预测的准确性。如果你有些许怀疑，请把国际空间站等容易识别的卫星的预测结果与网站上的结果进行比较。如果它们不匹配，在尝试使用另一个程序之前，请更新软件的卫星数据，以及你的时间和位置细节。

仔细观察这条轨迹最亮的一端，就有可能会分辨出它们的不同。如果这条轨迹看上去非常平滑，而且是在最亮的一端被完全切断。那么，它要么是一条罕见的流星轨迹在其最亮的时候被截断，要么（更有可能的）是一条闪耀的卫星轨迹在相机快门关闭前没有完成展示。铱星闪光一般是白色轨迹，而流星轨迹通常会从粉色变成绿色——这是大气中原子激发的结果。

目前有1000多颗可控的卫星在绕地球运行，估计有2.1万个大于10厘米的碎片也在绕地球运行。如果你放开撒网，将目标的大小缩小到1厘米，那么将有超过50万的碎片。事实上，在任何一个晴朗无月的夜晚，如果你观测不到一颗人造卫星在星座中穿梭，那将是很不寻常的事。

夜光云



在夏季的天空中可以看到这些怪异的、闪耀的蓝色云朵。

从5月下旬到8月初，有一种迷人而不寻常的观测目标，只有在夏季暮光下才能被看到——那就是诡异的蓝色卷须状的夜光云。

夜光云是在1885年喀拉喀托火山爆发后才被发现的。火山的巨大爆发影响了世界各地，温度下降了1.2摄氏度，并形成了引人注目的日落，使得人们开始关注相关的大气现象。

夜光云位于地球大气层的上边缘，因此是一种与低层大气中常见的天气或对流层云截然不同的云类型。它们形成于中间层，就在中间层顶（大气中最冷的部分）的下方，形成一个平均高度约82千米的薄片，接近太空边缘。

我们对这些云的确切性质尚不清楚，但人们认为它们是在水蒸气凝结在微小的大气颗粒物上并结冰时形成的。这些颗粒最可能的来源是流星碎粒（流星在夜光云层上方约100千米处汽化）或火山活动。研究表明，夜光云需要在大约零下120摄氏度的极冷温度下形成，而中间层的温度在夏天时最低，这就解释了夜光云的季节性行为。

只有当太阳位于地平线下6～16度之间时，夜光云才会在黄昏出现。太阳在地平线下6度以上，背景天空太亮，会淹没光线微弱的夜光云；另一方面，如果太阳在地平线下16度之下，夜光云将隐藏在地球的阴影中，变得无影无形。

这种“太阳-地球-观测者”的几何关系对夜光云的能见度产生了地理限制。夜光云本身的物理位置显示，其通常位于各半球纬度60～80度

处。这就解释了为什么大部分夜光云的观测发生在50～65度的纬度地区。尽管如此，夜光云仍然可以在该区域之外被观测到。并且在南至纬度40度的欧洲和美国，还曾罕见地出现孤立的夜光云现象。

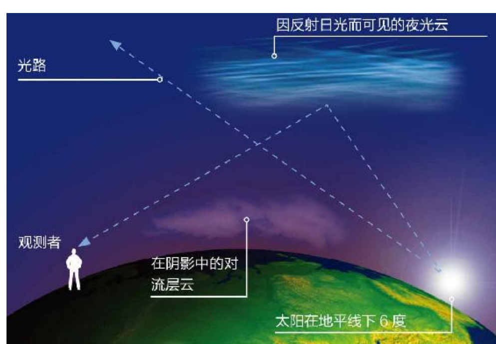
模式识别

每年，夜光云都以相当可预测的模式出现。通常在5月底或6月初，那时中间层开始变冷，可以进行早期观测。早期观测到的夜光云往往不太明显，而且形态简单。但是，随着季节的推移，观测到的夜光云往往更明亮，更复杂，持续时间更长，并占据更大的天空面积。有记录显示，从6月中旬到7月中旬，夜光云活动达到一个明显的高峰。此后，观测季才开始逐渐结束。到8月初，观测季就差不多结束了，尽管在8月的晚些时候还会有罕见的目击夜光云事件发生。

为什么要观测夜光云？



处在幸运的地理位置，英国的观测者可以观测到夜光云。当太阳在地平线以下6～16度时，太阳光会照射到任何存在于中间层的夜光云，让它们在地球纬度50～65度的地区可见。在这个范围之外，夜光云出现的频率要低得多。



纤细的条纹

一场典型的夜光云秀将在日落大约1小时后开始，最初可能在只比地平线高出几度的位置，呈现出微弱的细条纹。随着夜幕深沉，黄昏的天空逐渐变暗，夜光云变得越来越明显，可能会升到更高的天空中，形成更复杂的结构，并变得更明亮。随着当地午夜的临近，夜光云可能会在一定程度上减弱，并且随着太阳光照变得不利，夜光云的尺寸也会缩小。但在午夜过后，这种行为模式发生了逆转，夜光云再次变得越来越亮、越来越强，直到黎明前1小时左右，它们被逐渐变亮的天空淹没。

夜光云很容易被错误识别。要记住的关键一点是，普通云层通常是暗的，在暮色中显现出轮廓，而夜光云总是比背景天空更亮，通常呈现出标志性的蓝色调。然而，薄条纹的卷云，尤其是月光照射下的卷云，与夜光云有着惊人的相似之处，而较低的水平雾霾带也会造成其是II型夜光云带的错觉。对任何可疑的夜光云进行测试的一个好方法是用双筒望远镜检查它的特性。对流层云在被放大时往往是弥散、模糊的，而夜光云几乎总是能被揭示出更精细的细节。

何时何地是寻找夜光云的最佳时机？

通常是在日落后90~120分钟的西北方向低空中，或是在日出前相似时间段的西北方向低空中。

夜光云结构



I型：纱状

这种类型的夜光云表现为片状纤维状薄片，很少或没有明显的结构，有时在其他类型的背景中可见。它看起来像一团发光的雾。



II型：带状

这类夜光云具有水平线条或条纹，它们可能锐利（IIa型）或弥漫（IIb型）。条带可以是平行的，也可以是相交的。



III型：波浪型

III型夜光云具有一种独特的波纹状或波浪状的条带结构，常被拿来

与落潮时海滩上形成的沙滩图案相比较。



IV型：漩涡型

环状、弯曲或扭曲的形状。小旋涡可以分为IVa型，中等大小的旋涡可以分为IVb型，大型旋涡可以分为IVc型。

极光秀



极光是舞动的华丽光幕，但并不常见。

闪闪发亮、忽明忽暗——极光是自然界（更不必说夜空）最有活力的表演之一。在地球这颗岩石星球上，极光让我们得以一窥我们是如何与太空中不可见的力量联系在一起的。

虽然远至英国南部也能看到一些活力四射的极光秀，但如果你位于极光椭圆下时，极光景象会更为常见。以地球的磁极为中心，极光椭圆追随着舞动的光之环，大致与北极圈或南极圈重合，因此观赏极光的最佳时机来自于位于该范围内的国家。在北极圈，这种现象被称为北极光；在南极圈，它被称为南极光。

极光是由于从太阳流出的带电粒子与地球磁场（地球的保护罩）相互作用而引起的，地球磁场将这些带电粒子导向磁极。当这些带电粒子到达海拔较低的地方（通常位于80～200千米之间）时，它们会与地球大气中的气体碰撞而使其激发，从而产生独特而绚丽的光芒。极光远远超过了客机通常飞行的高度（约10千米），但国际空间站和其他载人航天器会飞越这一活力四射的表演秀的上边，带来一些令人惊叹的景观。

磁极在远离地理极点（传统上被称为北极和南极）大约11度的地方，所以你更有可能在更低的南北纬度区域看到极光。

追随极光

要观测极光，你并不需要天文望远镜，甚至不需要双筒望远镜，最

好的观测工具就是你自己的眼睛，人眼的视野宽广，最适合于观看极光这种横跨广阔天空的光之表演。

极光的表现形式多种多样，而且变化迅速。从东到西横跨天空的普通辉光被称为弧状极光，通常有着清晰的下边缘。如果弧状极光有不规则的下边缘，那么就被称为带状极光。

极光的另一种常见形状是射线状，它看起来像是向上延伸到天空的光柱，但实际上是地球磁力线的一种直接显现方式。不同类型的极光可以单独出现，也可以成群出现。如果弧状极光或带状极光中有射线状极光出现，那么这类极光被称为射线式弧状极光或射线式带状极光。如果带状极光出现扭结和褶皱，则被称为帘状极光。斑状极光没有特定的形状，来去自由。纱状极光通常会覆盖更广阔的天空，但几乎没有什么结构。在一场宽广且活力四射的极光秀中，射线状极光甚至可能会聚集起来直接汇聚在你的头顶，产生冕状极光或极光冕。

极光观测的重要建议

- 在网站上查看空间天气预报。
- 处在地球越北的地方，就越有机会看到极光。
- 保证你的位置能够清楚地看到北方地平线，因为极光一般是从那里出现的。

极光观测者也描述了极光秀的变化会有多快。如果极光只是悬挂在天空中，很少或没有运动，那么它就是宁静极光。如果极光忽明忽暗，则被称为脉动极光。当极光呈现出快速而精细的变化时，它叫作极光闪烁；而当极光有着剧烈和快速的变化特征时（特别是射线状极光）叫作极光燃烧。最后，当波纹状的亮斑沿着带状极光出现时，它被称为极光流动。

能否在极光表演中分辨出颜色取决于极光的亮度。极光很微弱时会呈现单一色调，有着灰度变化。然而，最常见的情况是，极光呈现绿色，那是大气中的氧发出的绿光。红色也会出现，尤其是在射线状极光的上部，这种红色来源于高层大气中的氧。而当氮被激发时，会出现非常明显的蓝色和紫色。

亮度和对比度

国际亮度系数（IBC）是国际公认的测量极光亮度的尺度。从I～IV，代表从暗到亮。国际亮度系数I与银河系的亮度差不多，颜色最不明显。国际亮度系数II看起来类似于月光下的卷云，可能有轻微的绿色。国际亮度系数III类似于明亮的、月光照耀下的、颜色明显的低空云层，而国际亮度系数IV则明亮到可以阅读，甚至能投射出阴影。

过去，极光很难被预测。但现在，像太阳动力学天文台这样的卫星不断地监测太阳和它所发出的太阳风，为其对地球的影响提供早期预警。还有些网站提供电子邮件提醒服务，可以预先对潜在的极光发出预告。有了这些太空天气预报，我们比以往任何时候都能更好地做好极光观测的准备。当然，万事俱备后，下一步就要看当地的天气状况了。

极光的结构



弧状

弧状极光：一条有着明显下边缘的辉光横跨天空。



帘状

帘状极光：一束沿着长边弯曲和折叠的光带。



带状

带状极光：与弧状极光类似，但有着不规则的下边缘。



斑状

斑状极光：天空中以不规律形状出现的亮斑。



射线状

射线状极光：延伸到天空深处的光柱。



纱状

纱状极光：覆盖天空的一般辉光，几乎没有什么结构。



射线式带状和射线式弧状

射线式带状极光和射线式弧状极光：有着带状极光或弧状极光的相似结构，同时也包括射线状极光。



冕状

极光冕：射线状极光在头顶处汇聚。

观测深空天体

如果太阳系是地球的后院，那么银河系——我们居住的星系，就是我们的宇宙邻居。它包含数千亿颗恒星和数千片星云。星云是稠密的气体云。绝大多数恒星和星云要么位于银河系中心鼓起的椭球状核球内，要么位于环绕核球的银盘上。环绕整个银河系的是稀疏的球状银晕，它是由恒星以及一些密集的球状星团组成的。我们甚至还可以看到银河系之外的其他星系，其中一些星系比我们的银河系要大得多。

在接下来的篇幅中，我们将向你介绍各类深空天体中一些最佳的观测目标，帮助你了解如何探索这些天体奇观，介绍你所需要的设备，以及在天空中找到它们的方法。

银河系



我们还不能在我们自己的银河系外放置一台相机，但这幅图就是我们所认为的银河系看起来的模样。

虽然我们只能从内部来观看它，但我们的银河系在夜空中却绚丽夺目。

我们所处的星系——银河系是夜晚最神奇的景观之一。在远离光污染区域观测，我们的星系看起来就像一条光的河流。随着秋天的临近，银河变得清晰可见，星系最明亮的部分装饰了我们美丽的天空。

“Milky Way”（银河系的英文）这一术语可以用来指代几种不同的事物，也可以是指一种有名的巧克力棒。有些人用这一术语来指代横穿天空的由恒星织成的光带，它是由成千上万颗暗弱的、遥远的恒星构成的，恒星的光芒结合在一起形成了这一令人惊叹的特征。

然而，我们的星系中还有更多除恒星之外的东西，这些恒星只是星系中可见的一部分。“银河”也被用来描述我们的整个星系，一个巨大的恒星岛屿，而我们的太阳只是其中的一个成员。如果我们从远处俯视我们的星系，如上图所示，银河系看起来就像是一个旋转的轮状烟花。

这个特殊的烟花由2000亿到4000亿颗恒星组成，据说大约有136亿年的历史。从它明亮的核球中心向外发出几条螺旋旋臂。近距离观测发现，这些旋臂来自于穿过中心核球的棒状结构的两端。

棒旋结构

这意味着银河系是棒状旋涡星系的一员。这些旋臂形成了所谓的星系盘，包括太阳在内的绝大多数恒星都位于星系盘上。由于旋臂中漂浮的尘埃和气体，这些旋臂也是新的恒星诞生的地方。除此以外，在银盘之外还有银晕，里面有数百个巨大的、由恒星组成的球状星团。

不用说，银河系是巨大的，非常巨大。我们的星系直径约为10万光年，而旋臂的厚度在1000～2000光年。光年是光在一年内能走的距离。

我们的恒星太阳位于离银河系中心约2.5万光年的地方，在被称为猎户座-天鹅座旋臂的边缘。这是银河系的一个小旋臂，它位于人马座-船底座主旋臂和英仙座主旋臂之间。

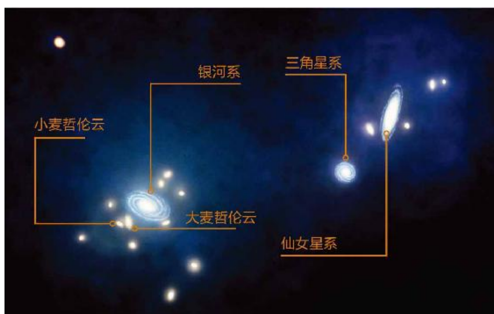
我们怎么知道这一切的呢？好吧，当望远镜足够强大以至于可以分辨出其他星系的旋臂时，我们就可以开始拼凑那些遥远星系和我们星系之间的相似之处。一旦天文学家能够利用射电望远镜和红外望远镜窥探星空，他们就能够看穿阻挡可见光观测的尘埃和气体，看到远处星系旋臂上的恒星。我们当然还没有了解一切，但未来几年的科技进步很可能会揭示更多关于我们银河系的信息。

银河系在宇宙中的位置

在我们所处的宇宙中，银河系并不孤单。在由星团组成的环绕我们的银晕之外，我们还有许多星系邻居。它们一起都是所谓的本星系群的一部分，这是一个由大约30个大大小小的星系所组成的家庭，坐落在直径约1000万光年的空间里。

银河系是本星系群中最大的3个星系之一，另外两个是仙女星系和三角星系。其余的是相当小的矮星系，其中一些是3个大星系的卫星星系。银河系最著名的卫星星系是大、小麦哲伦云。只有在南半球才能看到它们，看起来就像是从银河系中分裂出的圆形碎片。

本星系群本身就是一个更大结构的一部分，这个结构就是由许多邻近的星系群和星系团组成的室女座超星系团。室女座超星系团绵延数亿光年，却只是宇宙中众多超星系团的一员，这些超星系团由丝状的星系纤维连接在一起。



如何观看银河

从地球上观看，我们星系中的恒星在我们周围形成一条亮带，这是因为我们的位置处在银河系的盘上。然而，恒星并不是均匀地分布在天空中。如果你看向猎户座和麒麟座方向，那么你基本上是看向银盘外的深空。那里的恒星少，所以银河在那个方向并不引人注目。往相反的方向看去，朝向人马座和天蝎座，你将直视我们银河系的中心。那里有更多的尘埃、气体和恒星。银河一年四季都可见，但在4～9月的天空中位置更高。



梅西耶星云星团表



三叶星云M20是由一个疏散星团和3种星云组合成的不寻常的景观。

18世纪的一个法国人列出了观测时要避开的天体名单，后来却成为业余天文学家的观测红宝书。

无论是初露头角，抑或是经验丰富的北半球天文观测者，对他们来说最著名的深空天体观测星表是《梅西耶星云星团表》。这个著名的星表包含110个已知的深空天体的列表——各色各样的星系、疏散星团和球状星团、星云和一个超新星遗迹。这个著名的超新星遗迹是金牛座的蟹状星云，是梅西耶星表中的第一个天体。它因此被称为梅西耶1号天体，通常写成M1。

梅西耶星表已经深入到天文学的知识体系中，以至于人们通常用梅西耶编号来指代天体。例如，M42就经常用来指代猎户座星云。

具有讽刺意味的是，这个有用的星表最开始并不是为观测者提供的用于天文望远镜观测的目标列表。相反，它是需要避开的观测目标列表。这是因为，创建该星表的法国天文学家查尔斯·梅西耶是一位“彗星猎手”，而许多彗星在天空中出现时就像暗弱模糊的斑点，看上去和其他的深空天体一样。所以他把这些深空天体集合在一张不相干的清单上，以确保在彗星搜寻期间可以忽略掉这些天体。梅西耶在自己的天文台里开展了这些研究。他的天文台是一座木质和玻璃结构的建筑，位于中世纪时期法国巴黎克卢尼酒店的一座塔顶中。

增长的数字

《梅西耶星云星团表》第一次出版于1771年，当时包含45个天体。基于梅西耶的助手皮埃尔·梅查恩后来进行的一些观测工作，10年后，这一数字扩大到103。这个数字保持了100多年，直到20世纪，天文学家和历史学家才又增加了7个天体。这7个天体不是随意挑选出来的，而是在最终版本的星表出版后不久，梅西耶和梅查恩在笔记里新增的观测记录。但是直到1967年，仙女座星系中的矮椭圆星系M110才被正式确认为最终的官方认定的梅西耶天体。

查尔斯·梅西耶的“寻找彗星时要避开的天体列表”之所以如此容易被接受，并成为用望远镜搜寻观测目标的指导手册，有如下几个原因。首先，该星表并不太长，110个天体让观测过程美妙又易于操作。事实上，它的可操作性强大到一些业余爱好者会基于梅西耶星表开展复杂的“梅西耶天体观测马拉松”——努力在一个晚上观测到全部的110个天体。另一个原因是梅西耶在彗星搜索中使用了各种不同尺寸的天文望远镜，包括8.89厘米（3.5英寸）的折射望远镜。我们不需要异常强大的器材就能观测到他的星表中的天体：毕竟，它们就在小型业余天文望远镜的观测能力之内。最后，梅西耶星表相当完整，它包含了几乎所有新天文爱好者都希望看到的奇妙景象，而且其中有不少非常明亮的天体。

可供裸眼观测的梅西耶天体之最



M42

赤经 05小时35分17秒

赤纬 -05度23角分28角秒

猎户座星云是由尘埃和气体组成的巨大星云——它是发射星云，也是恒星形成区。只靠肉眼你也能轻松地在猎户座腰带的3颗恒星下面发现这团“雾气”。



M45

赤经 03小时45分48秒

赤纬 ＋24度22角分00角秒

昴星团，也被称为七姐妹星团，是位于金牛座的一个疏散星团。根据你的视力以及你所在位置天空的黑暗程度，你可以看到6颗到12颗数目不等的星星。



M13

赤经 16小时41分42秒

赤纬 +36度28角分00角秒

武仙座内的大球状星团由成千上万颗恒星组成，只有在非常黑暗的地方才能被肉眼看到。它位于武仙座埃塔星和泽塔星连线的南1/3分段处。



M31

赤经 00小时42分42秒

赤纬 +41度16角分00角秒

仙女座星系无疑是用肉眼能看到的最远的天体，它距离地球约280万光年。你可以在仙女座找到它，它是黑暗无月的天空中一个模糊的斑点。

可用小型望远镜观测的梅西耶天体之最



M81

赤经 09小时55分33秒

赤纬 ＋69度03角分55角秒

用7.62厘米～10.16厘米（3英寸～4英寸）口径的天文望远镜观测大熊座中的波德星系，你会发现它是夜空中两个相互靠近的模糊斑块中较亮的一个。另一个较暗的斑块是另一个星系M82。



M51

赤经 13小时30分00秒

赤纬 ＋47度16角分00角秒

猎犬座的涡状星系是面向我们的漩涡星系。利用小型天文望远镜，我们可以看到它的基本形状以及和它纠缠在一起的小型星系。更大口径的望远镜能揭示其中更多的结构。



M3

赤经 13小时42分12秒

赤纬 ＋28度23角分00角秒

这个位于猎犬座的球状星团也是小型天文望远镜的理想观测目标，因为它很容易被找到。作为夜空中最明亮的球状星团的一员，你用小型天文望远镜就能够揭示它雄伟的细节和致密的内核。

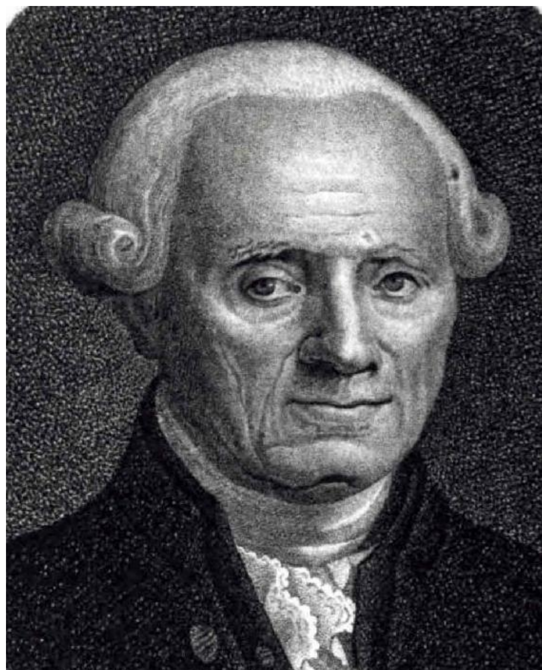


M57

赤经 18小时53分35秒

赤纬 ＋33度01角分45角秒

天琴座环状星云是一个形状优美的行星状星云，它是此类星云中最容易被观测到的一个。利用7.62厘米～10.16厘米（3英寸～4英寸）口径的天文望远镜很容易看到它，它像一个模糊的但轮廓分明的椭圆形斑块。



查尔斯·梅西耶打算列出在观测彗星时需要避开的一些天体。

当然，《梅西耶星云星团表》并不是唯一的参考列表——毕竟太空中不只有110个天体。例如，新的星云星团总表（NGC）就列出了近8000个天体。另外还有一个名为星云星团新总表续编（IC）的扩展星表，在NGC的基础之上又新增了5000多个天体。你还会发现，许多天体出现在多个星表中。例如，猎户座星云M42也被命名为NGC 1976。然而，对于业余天文学家来说，NGC和IC星表的吸引力还是不够。因为它们只不过是深空天体数据库，其中许多天体太过暗弱，不用专业天文望远镜根本看不见。

不过，还有一份值得一提的清单：帕特里克·摩尔爵士自己编撰的《考德威尔星表》，实际上，它是梅西耶星表的拓展版。它包括许多明亮的深空天体，这些天体非常适合你在后花园用望远镜观测。

双星

两颗恒星搭配在一起的景象真的令人惊叹，尤其是当它们拥有鲜艳的颜色时。但不要把这里所说的双星和光学双星搞混了。

在17世纪早期望远镜发明之后，夜空的真实性质才第一次显现出来。原来用肉眼看起来模糊的小团块，现在突然间形成一个可观测的，由星云、星系和星团组成的全新世界。

当那些早期的望远镜对准恒星时，得到了一个有趣的发现：我们用肉眼看到的单一光点实际上并不都是孤独的。其中一些被发现实际是两颗或甚至是几颗恒星，由此我们发现了双星和多星系统。随着被发现的双星系统数量的增加，有必要对双星的类型进行进一步的划分，以便明确到底是哪类双星。

要理解第一种类别——光学双星，你需要想象一下布满恒星的真实三维空间。从我们的观测视角来看，一颗恒星看起来可能距另一颗恒星非常近，但这只是因为这两颗恒星碰巧在太空中处于相同的方向，实际上这些恒星之间没有任何的联系。其中的一颗可能比另一颗距离我们要远得多，但从天文观测角度来说，我们无法知道这一点，因为夜空中的一切看起来距离都是一样远。

双星的相互作用

接下来就是由引力联系在一起的双星系统，如果你看到其中的一颗，那么你看到的就是一个双星系统。双星的成员出现在同一个地方并不是巧合：它们距离我们一样远，并且围绕彼此运行。据一些科学家估计，银河系中可能有一半的恒星是双星，尽管到目前为止，双星系统只占观测到的恒星数目的5%。

那么你如何才能知道是哪一类双星呢？嗯，除非是借助一本杂志或星图，否则你无法判断看到的是光学双星还是双星系统。只有仔细研究双星成员的运动，我们才能判断两颗恒星是否在引力作用下相互束缚。

如果你正在观测一个双星系统，那么了解两颗恒星自身会出现什么情况是很有趣的。这是因为有时双星系统中的两颗恒星会发生相互作用

——尤其是其中一颗恒星比另一颗恒星更大时。在这种情况下，较小伴星上的气体会被抽离，从而会导致被称为新星的毁灭性恒星爆发。

当然，当你使用望远镜观看的时候，你不会看到这些景象，但双星仍然是令人惊奇的观测目标。一些双星显示出令人惊讶的颜色差异——例如，你可能会看到一颗闪烁的黄色恒星与一颗鲜艳的蓝色恒星相邻，而与其他双星相比，这两颗恒星的亮度大致相同，但却靠得很近。如果你能看到我们列出的最受欢迎的5对儿双星，那么毫无疑问，你很快就会迷上这些夜空中的宝石。

5对儿容易分辨的双星



1. 辇道增七

所在星座：天鹅座。

赤经 19小时30分43秒。

赤纬 ＋27度57角分34角秒。

辇道增七（天鹅座贝塔星）是一对儿秀丽的金色和蓝色双星，它是一个双星系统。金色的成员亮度为mag.＋3.1，而蓝色的成员为mag.＋5.1。你需要一个望远镜才能分辨出它们。



2. 天大将军一

所在星座：仙女座。

赤经 **02**小时**03**分**54**秒。

赤纬 ＋**42**度**19**角分**47**角秒。

天大将军一（仙女座伽马星）是仙女座中第三亮的恒星，由一颗mag.＋2.3的黄色恒星和一颗mag.＋5.1的伴星组成。要想分辨它们，你需要使用望远镜。



3. 双双星

所在星座：天琴座。

赤经 **18**小时**44**分**20**秒。

赤纬 ＋**39**度**40**角分**12**角秒。

对肉眼来说，天琴座艾普西隆星的两颗黄色恒星的亮度差不多，都是mag.＋5.5。然而，通过望远镜观看，你会发现这两颗恒星实际上每个都是双星。



4. 开阳和开阳增一

所在星座：大熊座。

赤经 13小时23分55秒。

赤纬 ＋54度55角分31角秒。

大熊座泽塔星和大熊座80是一对光学双星。肉眼能看见两颗白色的恒星，亮度为mag.＋2.2和mag.＋4.0，用肉眼观测这两颗恒星是测试视力好坏的传统方法。



辇道增七是一对儿美丽的双星，由醒目的金色和蓝色组成。



5. 金牛座西塔

所在星座：金牛座。

赤经 **04**小时**28**分**34**秒。

赤纬 ＋**15**度**57**角分**43**角秒。

这对儿肉眼可见的橙色和白色的光学双星位于毕星团，亮度分别为mag.＋3.8和mag.＋3.4。较暗的那颗恒星实际上亮度会稍微变化，在1.82小时内会从mag.＋3.35变为mag.＋3.42。

测试你的望远镜

你可以用双星来测试望远镜的光学性能，分辨恒星的能力取决于望远镜的光学质量，以及望远镜的口径或前透镜的大小。

如果你有一个高质量的小型望远镜，比如直径10.16厘米（4英寸）的望远镜，在视宁度极佳时，你应该能够分辨出相距1.15角秒的双星。我们在左边列出的最受欢迎的5对儿双星都能被这个望远镜轻松分辨。

要分辨出比这还要近的双星，你需要一个更大的望远镜。要找出理论上望远镜能分辨出的靠得最近的双星，你只需要用4.6除以望远镜前透镜的直径（单位为英寸）。不过，这只是一个理论数字，因为如果大气湍动的相当厉害，你就无法很好地分辨出密近的双星的成员了。



变星



大陵五是位于正下方的3颗恒星中的一颗，它是一颗交食双星，周期约为3天。

从地球上观测，并不是所有的恒星都一直稳定地发光——有些恒星的亮度看起来会有规律地变化。

乍一看，甚至是在长时间的凝视之后，星光灿烂的夜空似乎没有什么变化。除了地球自转引起的天空缓慢运动和偶发流星外，似乎没有什么其他的事情发生。

然而，如果你知道在哪些时候观测哪些目标，那么即使是看似固定的恒星也能拥有自己的生命。稍微调查一下，你就会发现夜空实际上是在不断变化的。这是因为变星这一恒星奇观在随着时间的推移而发生亮度的变化。有些变星的亮度变化只需要几个小时，而另一些变星的亮度变化则需要几年的时间。一颗变星完成一次亮度明暗往复变化所花费的时间就是其周期。

变星的多彩生活

变星有多种类型，主要可以分为内因变星和外因变星。如果你在寻找活动的变星，那么可以寻找一颗内因变星。这类变星的亮度变化源自恒星本身。例如，它可能会向内或向外脉动，同时随着时间的推移会变得越来越亮或是越来越暗。

其中一类内因变星是长周期变星。这类变星往往是不稳定的年老恒

星，其内部与重力和压力在不断进行抗争，导致它们在很长一段时间内会膨胀或是收缩。它们是很好的观测目标：一些变星在其最亮时能用肉眼看到，但它们转而会变暗很多，只能用双筒望远镜或天文望远镜才能看到。

变星的寻找开始升级，接下来是另一类被称为激变（或爆发）变星的内因变星，它们会不断吸积它们近邻恒星的气体物质。新的气体物质会不断堆积，直到导致恒星内核发生爆发，成为新星，其亮度会急剧增加。被称为超新星的年老恒星的死亡爆发也是这类变星的一种。

加上爆发变星，也就是包含表面时不时骤然耀发的恒星，就可以清晰地看到这类本征变星究竟有多么活跃。

外部因素

类似的，外因变星的变化特性可以归因于外部因素。以双星为例，两颗成员星的轨道很近，从我们的视角看去，当它们互相绕转时，其中一颗看起来会在另一颗恒星的前面运动。每当一颗恒星遮住另一颗恒星时，我们所观测到的双星系统的亮度就会发生变化。

接下来是自转变星。这些恒星自转得如此之快，以至于它们发出的光也受到自转的影响：如果我们能看到它们，它们看起来的外观就会是被压扁的。这些恒星的光变实际是由一种叫作微引力透镜的光线弯曲现象导致的。

对于业余天文学家来说，观测变星的光变波动是一项最佳的观测计划。利用一个不太昂贵的望远镜，你就可以把专业天文学家用来研究宇宙运转的知识容纳进来。变星如此之多，如果没有你的帮助，天文学家或许无法观测到所有的恒星。

宇宙距离标尺

对天文学家来说，造父变星是非常有用的内因变星，因为它们有着非常规律的光变周期。有些造父变星的光变周期只有一天，而有些造父变星则需要一个月甚至更长的时间来完成一次光变周期。造父变星的光变周期与其真实亮度有着精确的联系——因此，位于我们附近的光变周期为5天的造父变星，其真实亮度与遥远星系中光变周期也

为5天的造父变星相同。因为我们知道亮度是随着距离的增加而减小的，因此我们可以计算出造父变星到我们的距离，从而利用造父变星来测量太空中的距离。

5颗著名的变星



1. 仙王δ型星

赤经 22小时29分10秒。

赤纬 +58度24角分54角秒。

类型：脉动变星，它也是所有造父变星的原型。

变幅：从mag.+3.9变暗到mag.+5.0。周期：5天9小时。

最佳观测时间：秋天。

所在星座：仙王座。

观测手段：肉眼。



2. 刍藁增二

赤经 02小时19分20秒。

赤纬 -02度58角分39角秒。

类型：长周期红巨星，刍藁型变星的第一颗。

变幅：从mag.＋2.0变暗到mag.＋10.1。周期：332天。

最佳观测时间：秋天。

所在星座：鲸鱼座。

观测手段：双筒望远镜。



3. 帝座

赤经 17小时14分38秒。

赤纬 ＋14度23角分25角秒。

类型：大质量半规则年老红超巨星。

变幅：从mag.＋2.8变暗到mag.＋4.0。

周期：约3个月。

最佳观测时间：夏天。

所在星座：武仙座。

观测手段：肉眼。



4. 大陵五

赤经 **03**小时**08**分**10**秒。

赤纬 ＋**40**度**57**角分**20**角秒。

类型：交食双星。

变幅：从mag.＋1.6变暗到mag.＋3.0。

周期：2天21小时，变亮超过10小时。

最佳观测时间：秋天。

所在星座：英仙座。

观测手段：肉眼。



5. 蛇夫座R秒

赤经 **17**小时**50**分**13**秒。

赤纬 **-06**度**42**角分**28**角秒。

类型：再发新星。

变幅：从mag.＋5.0变暗到mag.＋12.5。

周期：约20年。

最佳观测时间：夏天。

所在星座：蛇夫座。

观测手段：望远镜，较亮时可用肉眼。

星团



不是所有的星团都是孤立存在的，例如猎户四边形星团就嵌在猎户座星云中。

在黑暗的太空中，闪耀的星团是业余天文学家们理想的观测目标。

当你抬头仰望夜空时，你会发现许多星星都是静静独处的。但是，一颗看起来独处的恒星可能是一个在太空中旅行的巨大群体的一员。如果我们把时钟倒回到数百万年前，我们可能会发现这些恒星是如何在巨大的尘埃和气体云中形成的。

这些由几十到几千颗恒星组成的被称为疏散星团的家族，都是在我们银河系尘土飞扬的旋臂中形成的。它们一起在太空中旅行，但最终潮汐力还是缓缓地将恒星们分离开来，直到它们分别融入星空背景中。

有许多较年轻的和较年老的星团，都非常适合用双筒望远镜观测。一般来说，你可以大致假设疏散星团如果越年轻，看起来就越紧凑，因为这些恒星还没有漂移太长时间。

还有另一种不同类型的星团：球状星团。它们通常由几十万颗或几百万颗颜色偏红、年龄较老的恒星组成，尺度要比疏散星团大得多。疏散星团在我们银河系的盘面内形成，而球状星团组成了环绕银盘的银晕，然而球状星团的形成至今尚未有定论。

就观测而言，这一切都意味着，我们能够在横跨天空的朦胧银河内或银河附近发现绝大多数的疏散星团，而球状星团则遍布天空。当你用肉眼观测它们时，你只会看到模糊的斑点，但一个双筒望远镜会让你发现一些真正壮观的“宝石”。

不同凡响的疏散星团



M45

所属星座：金牛座。

赤经 **03**小时**45**分**48**秒, 赤纬 ＋**24**度**22**角分**00**角秒。

昴星团，又称七姐妹星团，是夜空中最灿烂的星团之一。我们用肉眼就能很容易地发现星团中的6颗恒星，但要数到10颗恒星也不是没有可能。这个星团实际上包含数百颗恒星，借助一个像样的双筒望远镜我们就会有更多的发现。



NGC 869和NGC 884

所属星座：英仙座。

赤经 **02**小时**19**分**00**秒, 赤纬 ＋**57**度**09**角分**00**角秒。

这就是“剑柄”星团，两个并排的星团组成的奇妙双星团。这两个星团的视直径都是0.5度，因此用肉眼就能很容易地发现它们。当我们尝试用双筒望远镜扫视这片区域时，还能看到在银河系的背景下，数百颗恒星构成的壮丽景象。



M7

所属星座：天蝎座。

赤经 **17**小时**53**分**54**秒**,** 赤纬 **-34**度**49**角分**00**角秒。

M7也被称为托勒密星团，它看起来是满月的两倍大。用肉眼看来，该星团的80颗恒星看起来就像是银河系中一个明亮的团块。但若利用双筒望远镜观测就能够分辨出这些恒星。



M35

所属星座：双子座。

赤经 **06**小时**08**分**54**秒**,** 赤纬 ＋**24**度**20**角分**00**角秒。

这个星团中有超过200颗恒星，在晴朗的夜空，用裸眼就能轻松地看到它们。利用双筒望远镜，我们能够清楚地看到其中最亮的20来颗恒星，而余下的恒星则形成了椭圆形的模糊背景。



M44

所属星座：巨蟹座。

赤经 **08**小时**40**分**06**秒**,** 赤纬 ＋**19**度**59**角分**00**角秒。

M44被称为蜂巢星团，它包含数百颗恒星，用肉眼可以看到一个雾蒙蒙的斑块。使用双筒望远镜是观测M44的最佳方式，你可以借助它看到M44最亮的十几颗恒星。

雄伟的球状星团



M13

所属星座：武仙座。

赤经 **16**小时**41**分**42**秒**,** 赤纬 ＋**36**度**28**角分**00**角秒。

M13又被称为武仙座大球状星团，它是北半球最大最亮的球状星团。在黑暗的观测点，完全可以用肉眼观测到M13，而利用双筒望远镜，它明亮、圆润的外形会更加令人惊叹。



M5

所属星座：巨蛇座。

赤经 **15**小时**18**分**36**秒**,** 赤纬 ＋**02**度**05**角分**00**角秒。

M5被认为是最年老的球状星团之一，利用双筒望远镜很容易地就能发现它，以及它略显椭圆的外观。你会看到一个模糊的团块，暗示你其实它包含了大量的恒星。



M22

所属星座：人马座。

赤经 **18**小时**36**分**24**秒**,** 赤纬 **-23**度**54**角分**00**角秒 。

M22是最明亮的球状星团之一，用肉眼或双筒望远镜都能很容易地看到它。它拥有比M13还要大的尺寸，令人印象深刻。它在银河中的位置让它成为皇冠上真正的宝石。



M3

所属星座：猎犬座。

赤经 **13**小时**42**分**12**秒**,** 赤纬 ＋**28**度**23**角分**00**角秒。

这是另一个令人惊叹的球状星团，你只用肉眼就能看到它，但利用双筒望远镜能揭示出它明亮的圆形形状。它包含大约50万颗恒星，其中有274颗变星，是所有已知球状星团中变星数目最多的。



M15

所属星座：飞马座。

赤经 **21**小时**30**分**00**秒**,** 赤纬 ＋**12**度**10**角分**00**角秒。

看上去像一个紧凑型的M13，M15这个密集型天体是用双筒望远镜观测的理想对象。它看起来像一块圆形污迹，中心区域相当紧密，让这个遥远的星团显得深不可测。

星云



南天的船底座星云NGC 3372比M42大4倍。

无论它们是自己发光还是反射附近恒星的光芒，这些气体云和尘埃都是大受欢迎的观测目标。

星云是散布在银河系各处的气体和尘埃云，主要分布在银盘里，也正是在这里诞生了恒星。在拉丁语中，星云这个词是“小的迷雾”的意思。很久以前，我们认为所有的深空天体都是星云。因为深空天体在漆黑的夜晚都呈现为模糊的斑点，包括星系。如今，我们不仅可以区分星云和星系，而且我们也知道有几种不同的星云类型存在。

其中，最著名的星云是猎户座的M42，它是发射星云。由于气体云内部的或附近的恒星将星云气体电离，发射星云有自己的辉光。而另一种类型的星云——反射星云，比如环绕金牛座昴星团的星云，只能是由于附近的一些恒星将气体和尘埃照亮才能让我们看见，就像太阳照亮蓝天上的白云一样。

像马头星云这样的暗星云根本不会发亮，因为它们太过致密，以至于会吸收掉光线。暗星云之所以对我们可见，是因为当它们位于明亮的星云或星场前面时，我们看到的实际上是暗星云的轮廓，但我们没有办法看到暗星云中的细节。

你可能认为像天琴座的环状星云那样的行星状星云与行星有关，但可惜你错了。行星状星云得名的原因是，透过望远镜，它们看起来像一个暗弱、模糊的小圆盘，如行星一般。当一颗质量与太阳相当的恒星死亡时，会形成这样的星云。当恒星变得不稳定时，它会将其大气里的气

体吹出并在自己周围形成星云。而比太阳还大的恒星爆炸后会形成超新星，留下壮观的超新星遗迹。

天文图像揭示了许多星云都有着鲜艳的色彩——通常发射星云由于氢原子电离而呈红色，而反射星云被蓝色的恒星渲染成蓝色。但是，透过双筒望远镜或者天文望远镜看到的景象会与此大不相同，而肉眼看去，星云是呈灰色的。

恒星托儿所

星云是恒星形成的地方。一种关于恒星如何诞生的观点是，来自附近的超新星爆发会产生激波，进而压缩星云。一旦气体的密度超过临界点，引力就会开始起作用。

引力使星云团块聚在一起，团块中心压力的产生导致温度急剧上升。如果有足够的气体来为这一过程提供燃料，那么这一区域就可以生成一颗原恒星。



如果气体团块的温度达到1000万摄氏度，就会点燃为恒星提供能量的核熔炉。经过数千万年的时间，这颗恒星就会进入正常阶段，加入所谓的主序，就像我们的太阳现在所处的阶段一样。

惊艳星云



猎户座星云M42

所属星座：猎户座。

赤经 **05**小时**35**分**17**秒**,** 赤纬 **-05**度**23**角分**28**角秒。

M42是夜空中最亮的星云，也是唯一能用肉眼看到的星云。在没有光污染的暗夜中，不经意地瞥一眼猎户座腰带3颗星的下面，你会看到这个发射星云像小小的雾状污迹。借助双筒望远镜，你会开始注意到它弯曲的形状。利用小型天文望远镜，你会开始注意到它的一些结构。猎户座星云的中心是4颗恒星，它们是猎户四边形疏散星团的一部分，它们构成的四边形也是星团得名的原因。这些恒星发出的辐射为整个星云提供能量，照亮星云。



蟹状星云M1

所属星座：金牛座。

赤经 **05**小时**34**分**32**秒**,** 赤纬 ＋**22**度**00**角分**52**角秒。

M1是公元1054年发生的超新星爆发的遗迹。尽管能用小型天文望远镜观测，但最好还是利用大口径的望远镜来观测它——只有这样，M1

的纹理才会显现出来。



礁湖星云M8

所属星座：人马座。

赤经 **18**小时**03**分**37**秒，赤纬 **-24**度**23**角分**12**角秒。

在10×50的双筒望远镜下，即便人马座的M8身处繁星闪烁的银河，它也是很容易被发现的发射星云——它看起来就像一块亮片，你首先会注意到它较亮的核。



北美星云 NGC 7000

所属星座：天鹅座。

赤经 **20**小时**59**分**17**秒，赤纬 ＋**44**度**31**角分**44**角秒。

发射星云NGC　7000，又称北美星云，是个大型目标，在观测它时需要一些练习。它靠近天鹅座的亮星天津四，附近天区有许多值得用双筒望远镜观测的目标。



欧米茄星云M17

所属星座：人马座。

赤经 18小时20分26秒, 赤纬 -16度10角分36角秒。

这个明亮的发射星云和恒星形成区位于人马座的恒星场中。它有着弯曲的形状，看起来像希腊大写字母欧米茄，它也因此得名。有时M17也被称为天鹅星云。



哑铃星云M27

所属星座：狐狸座。

赤经 19小时59分36秒, 赤纬 ＋22度43角分16角秒。

在银河系的奇妙背景下，利用小型天文望远镜可以看见这一迷人而相对明亮的行星状星云，它呈现为模糊的椭圆形。而它的“哑铃”形状只有通过大口径天文望远镜才能显现出来。



马头星云（巴纳德33）

所属星座：猎户座。

赤经 5小时40分59秒，赤纬 -02度27角分30角秒。

马头星云位于猎户座腰带的南边，猎户座分子云复合体的内部。它是一个暗星云，在星云状的明亮背景下会显现出其轮廓。在足够黑暗的天空下，你需要一台大口径的望远镜才能发现它。

星系

这些闪亮华丽的恒星方舟有着各种形状和大小，许多是宇宙碰撞的产物。

星系由数百万或数十亿颗（译者注：甚至到千亿颗）恒星聚集而成，恒星与气体云和星际尘埃被引力束缚在一起。宇宙中可能有超过1000亿个星系，而银河系的一些较大的近邻星系在夜空中看起来就像是微弱的光斑。但是直到20世纪初，天文学家埃德温·哈勃才证明，这些星系实际上存在于银河系之外。而在此之前，它们被认为是我们银河系外围的旋涡状星云。

此外，哈勃还证实星系的形状和大小各不相同。2/3的星系有独特的旋涡状图样，而其余的星系则呈现从完整的椭圆到不规则的斑点等多种形状。它们可以是拥有数百万颗恒星的矮星系，也可以是拥有数万亿颗恒星的巨型星系。天文学家们仍在思考为何会出现这样的情况，不过目前已经发现星系的碰撞和并合似乎在决定星系如何演化方面非常重要。星系中心的黑洞似乎也控制着宇宙气体的消耗，以及恒星何时在这些宇宙城邦中形成。

隐藏的质量

星系比看起来的要大得多，它们90%的质量不存在于明亮的恒星和气体中，而是在看不见的暗物质中。暗物质存在于球状的星系晕中，控制着星系内部的恒星运动。这个看不见的“保护膜”解释了为什么旋涡星系外围的旋转速度比只考虑恒星和气体的质量影响时要快。暗物质还操纵着星系在引力的作用下聚集在一起形成星系纤维和星系团。然而，暗物质依旧是一个谜，天文学家仍在试图弄清它是什么。暗物质一定是奇异的事物，因为它既不吸收光也不发出光。

像银河系这样的旋涡星系，得名于从星系核球向外呈螺旋状伸展开的由明亮恒星构成的弧状旋臂。旋臂是一种密度波，嵌在扁平的由恒星和气体组成的星系盘中，围绕着星系中心的核球排列开来。在气体云被压缩的地方会形成明亮的恒星，星系盘上满是年轻的恒星和气体，呈现

为蓝色，而核球部分看起来更显红色。当气体云在自身引力的作用下坍缩时，星系盘就形成了。当气体云沿垂直于盘的方向收缩时，星系盘会旋转得更快。旋涡星系在宇宙中很常见，但在星系团的中心，星系盘很容易被星系间碰撞所摧毁。



波德星系是M81星系群里34个星系中最大的，它距离地球约1170万光年。

　　椭圆星系的形状像橄榄球，很像旋涡星系的核球部分，但却没有盘状结构。椭圆星系几乎不含气体，而且其内部几乎没有恒星在形成。年老的红色恒星常常沿着倾斜的椭圆轨道运行，而椭圆星系群通常位于星系团的中心。

　　透镜状星系呈透镜状，它们的分类介于旋涡星系和椭圆星系之间。许多透镜状星系与旋涡星系类似，有着相对较小的星系盘和较大的核球，但缺少旋臂。它们可能是退化的旋涡星系，恒星的形成已经停止。其他一些透镜状星系可能是星系碰撞的结果，这些碰撞可能撕裂了更大的星系盘的一部分，或是因为剧烈的爆发阻止了恒星的形成。

　　不规则星系不属于任何主要的星系类别，因为它们没有固定的形状。这可能是因为它们在星系碰撞过程中被扭曲了，也可能它们就是这样形成的。例如，一些矮星系就是由气体云随意凝聚而成的，尚未形成有序的状态。

星系一瞥



仙女星系M31

所属星座：仙女座。

赤经 00小时42分42秒，赤纬 ＋41度16角分00角秒。

壮丽的仙女星系是离银河系最近的大星系，用肉眼就可以看到它。在没有月亮的漆黑夜空下，你应该能够在没有光学设备辅助的情况下，找到这个旋涡星系。它离银河很近，是一个模糊的斑块。使用双筒望远镜，你很容易就能发现它。仙女星系的外观是椭圆形的——你无法辨认出星系中的任何一颗恒星。利用15.24厘米（6英寸）口径的天文望远镜，仙女星系看起来更像大而细长的椭圆形，有着略微明亮的核心区域。



涡状星系M51

所属星座：猎犬座。

赤经 13小时30分00秒，赤纬 ＋47度16角分00角秒。

涡状星系是位于猎犬座的一个壮观的正向旋涡星系，可以在亮度为mag.＋1.9的摇光星（大熊座埃塔星）附近找到它，你需要大口径天文

望远镜才能清楚地看到它的旋臂。



三角星系M33

所属星座：三角座。

赤经 **01**小时**33**分**54**秒**,** 赤纬 ＋**30**度**39**角分**00**角秒。

在纯净的夜空下才能用肉眼看到M33，有光污染时，你至少需要用双筒望远镜。它位于mag.＋2.2的娄宿三（白羊座阿尔法星）和mag.＋2.1的奎宿九（仙女座贝塔星）之间。



草帽星系M104

所属星座：室女座。

赤经 **12**小时**40**分**00**秒**,** 赤纬 **-11**度**37**角分**23**角秒。

使用任何望远镜你都能在室女座中轻易地找到这个旋涡星系。利用15.24厘米（6英寸）口径的望远镜你能看见一条延伸的光带，不过M104的标志是那条穿过其中心晕南边的暗尘埃带。



M81和M82

所属星座：大熊座。

赤经 **09**小时**55**分**33**秒, 赤纬 ＋**69**度**03**角分**55**角秒。

M81又称波德星系（上面给出的是它的位置坐标）和雪茄星系M82，它们在天空中彼此距离很近，因此我们把这两个位于大熊座的星系看作是同一幅景观。使用小口径天文望远镜和低放大倍数的目镜，你就可以在同一个视场里看到它们。



狮子座三重星系

所属星系：狮子座。

赤经 **11**小时**18**分**55**秒, 赤纬 ＋**13**度**05**角分**32**角秒。

狮子座三重星系由3个旋涡星系M65（上面给出的是它的位置坐标）、M66和NGC3628组成。它们大致位于mag.＋3.3的太微右垣四星

（狮子座西塔星）和mag.＋6.6的狮子座约塔星之间中部。使用大口径望远镜能够更加清楚地观测它们，以及它们的邻居M95和M96。



风车星系M101

所属星座：大熊座。

赤经 **14**小时**03**分**12**秒**,** 赤纬 ＋**54**度**20**角分**57**角秒。

这个正向旋涡星系同银河系的大小相同。它的亮度为mag.＋7.9，意味着你可以用双筒望远镜发现它，但你也许还需要15.24厘米（6英寸）口径的望远镜才能看到它的旋臂。

天文大揭秘

以下收录并破解了8个最大的“天文谜团”，帮助你快速成为天文专家。

白天看不见月球？

我们习惯性认为白天只能看见太阳，而月球只在晚上出来。然而，无论夜晚长度如何，地球自转意味着每24小时中，至少有12个小时月球会在地平线上。因此，即便是大白天，月球也一定是在天上某个地方。我们能否在白天发现月球取决于两件事：月球的高度以及它的相位。



星星会眨眼？

有太多关于“一闪一闪亮晶晶”的解释。的确，夜空中的星星看上去如同眨眼一般闪烁，但这是由于我们大气湍动产生的，而非恒星本身的特质。当星光接近地球时会受到大气折射，并由于大气的湍动而被扭曲，最终才会到达你我的眼中。如果从太空中直接观测，星星是根本不会眨眼的。



地球距太阳的不同距离引起四季变化？

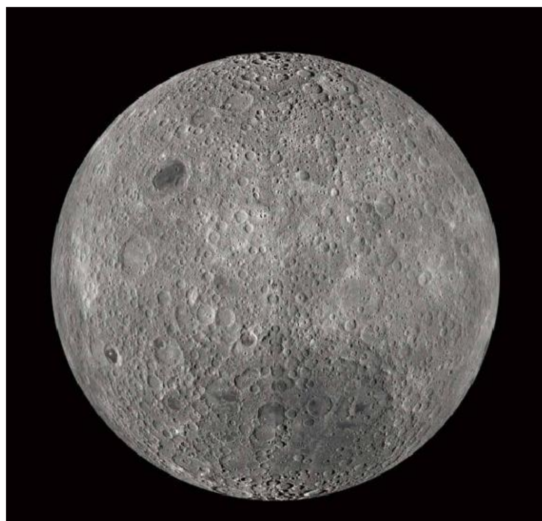
现实并非如此——北半球冬天时，地球距离太阳最近。真正产生四季的原因是地球自转轴相对于地球公转平面存在的23.5度夹角，这导致一年中不同时间每个半球的日照时间不同，从而产生四季。

北极星一直都是指北星么？

北极星的位置靠近北天极是暂时的，这是地球自转时自转轴进动的结果。这种进动大约每72年变化1度，整个周期大约是2.6万年。公元前3000年的“北极星”是天龙座的紫微右垣一星，而2000年后，它将是仙王座的少卫增八星。

月球的阴暗面就是月球的背面？

“月球的阴暗面”经常被错误地用来指代月球的背面，但二者有着微妙的差别。月球的背面是月球永远不会朝向地球的一面，但如果称其为“阴暗面”则意味着它永远不会被太阳光照射到。事实并非如此。与我们从地球上看到的月球正面相同，月球的背面也有着同样的相位周期，只有当满月时，“月球的阴暗面”和“月球背面”才是真正意义上的同一事物。



北极星是夜空中最亮的星？



由于最接近北天极，北极星无疑是最出名的一颗恒星。然而，它的实用意义并不能保证它就是夜空中最亮的恒星。经过一个夜晚的观测，你就会发现这个桂冠将会落在大犬座的天狼星上。

流星是真的恒星么？

如果你曾经对着一颗流星许愿，那你可能会被这个事实所震惊：流星并不是真正的恒星。你看见的其实是在我们大气层内燃烧的天体碎片，并且它们的大小有些可能不会超过一粒沙。如果碎片掉落到地球表面，就成为我们俗称的陨石。



天文望远镜的主要的作用是放大天体么？

虽然望远镜可以让夜空中的天体看起来更大，但这并不是使用它们的主要目的。它们的主要功能是聚集光线，根据设计的不同而采用透镜或者镜面，这样我们就能看到因为太暗而无法用肉眼看到的天体。



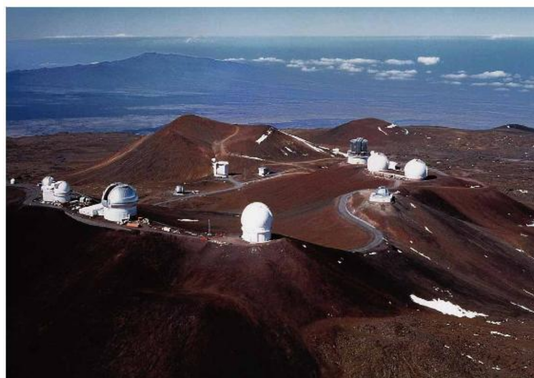
译者后记：星北空半摄球影的和最佳科观普，星地天文—学博莫纳士的克亚殊途天文同归台

如果你想开启观星之旅，那么这本书无疑是最佳起点之一。其实天文学家在开始观测前，也需要选择去哪里以及用什么设备来观测自己的目标天体。而一个优秀的天文台（站）可以让这一切事半功倍。

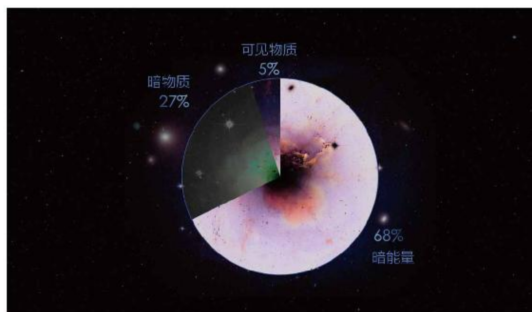
位于夏威夷的火山之一——莫纳克亚山拥有很多世界上独一无二的特点，其中之一就是它是天文学家利用先进的望远镜来探索宇宙的重要地点，这些先进的望远镜聚集一堂，构成了莫纳克亚天文台。也许对于天文学家来说，莫纳克亚山最与众不同且非常重要的特征是它巨大的盾状外形和它的周边环境。当来自太平洋的信风吹过莫纳克亚山平缓上升的斜坡时，几乎不会产生什么湍流。这股平滑的气流，加上莫纳克亚山顶的高海拔，使得人们在这里可以看到比其他地方清晰得多的恒星、星系、行星的图像。莫纳克亚山是世界上唯一一座被数万千米平坦表面（太平洋）包围着的4200多米高的盾状火山，也因此具备了能以惊人清晰度展现宇宙的理想条件。莫纳克亚山其他重要的特点还包括山巅处的低湿度（提高了红外和亚毫米波段光谱在莫纳克亚山上空的透明度）以及极其黑暗的夜空，后者主要归功于莫纳克亚山远离主要城市、夏威夷的照明法令，以及通常形成在山巅之下从而有助于阻挡城市的光抵达山顶的云层。

世界上有许多偏远地区的高山可以用来安置天文台，但是莫纳克亚山拥有天文观测所需要的特性的最佳组合。这是莫纳克亚天文台能够成为世界上天文观测成果最多的天文台的主要原因。每年，基于这里获取的观测数据产生的研究论文要比基于欧洲南方天文台在智利的设施或基于哈勃空间望远镜的还要多，其中有许多都跻身于世界上最重要的天文发现之列。

暗能量和宇宙加速



莫纳克亚山颠

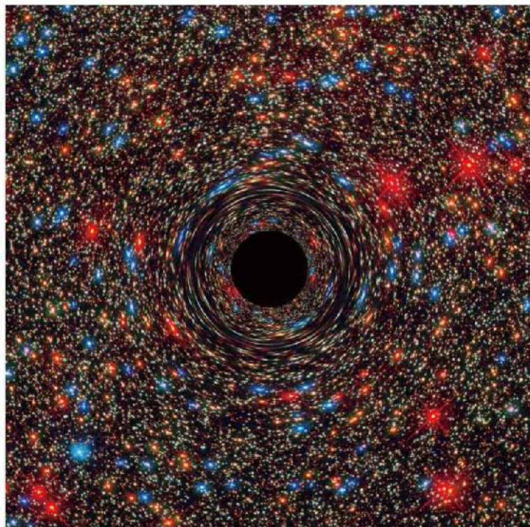


宇宙物质组成示意图

在研究Ia型超新星时，物理学家萨尔·波尔马特、布莱恩·施密特和亚当·里斯发现宇宙的膨胀速度正在加快。造成这种加速的斥力通常被称为“暗能量”。上述物理学家因这一发现获得了2011年诺贝尔物理学奖。他们的发现基本依赖于1995年至1997年间利用莫纳克亚山上的凯克望远镜获得的光谱。

银河系中的超大质量黑洞

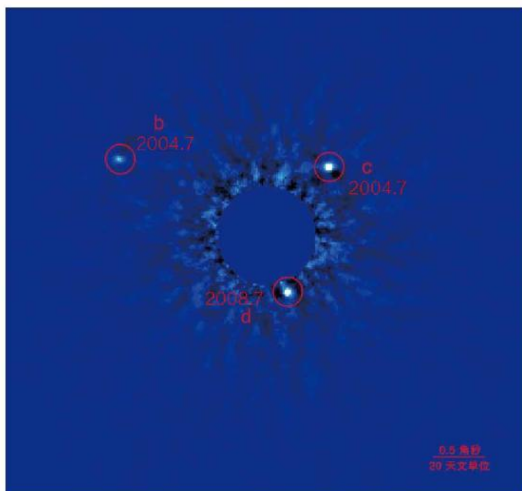
通过测量银河系中心恒星的运动，研究人员发现了一个黑洞，其质量是太阳的410万倍。这个在2000年9月21日被《自然》报道的重量级发现来自于凯克望远镜5年的观测结果。



数值模拟的超大质量黑洞

太阳系外行星

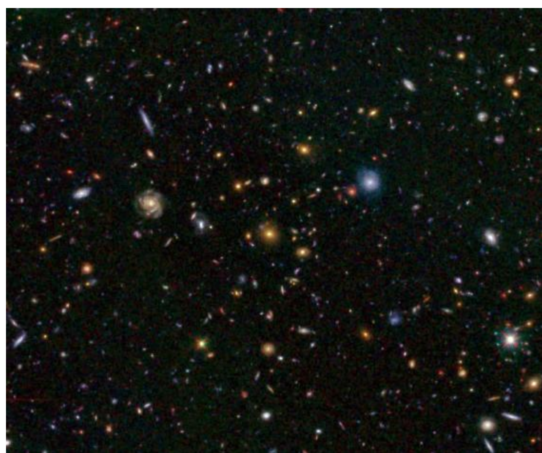
寻找太阳系外行星几乎是一个永恒的热门话题，而莫纳克亚天文台的早期贡献无疑影响了寻找的历程。2007年，天文学家使用北双子座望远镜和凯克望远镜拍摄了第一张行星系统环绕另一颗恒星运行的照片。



北双子座望远镜拍摄的HR8799周围的行星家族“合影”

最远的星系

由于科学家发现了一些迄今为止所能探测到的最远的天体，我们的宇宙边界已经被推向了新的极端。一个天体物理学家团队在莫纳克亚天文台成功地测量了有史以来最远的星系，更有趣的是，他们捕捉到了宇宙诞生不到6亿年时的氢发射现象，那会儿宇宙的年龄只有现在的1/20。



遥远星系的“集体照”

莫纳克亚天文台帮助天文学家获得了许多令人啧啧称奇的重要观测发现。它拥有数台世界上最具科学价值的望远镜，这使得夏威夷进入国际天文学的领导者行列。而莫纳克亚天文台引发的人们的科学好奇心更是成为夏威夷文化遗产的一部分。如果一切都能顺利开展，在不久的将来，这座火山之巅还将增加一位新成员—30米望远镜。这台新型的超大望远镜，将使我们能够更深入地观察太空，并以前所未有的灵敏度探索宇宙中各种神奇的天体。



30米望远镜（TMT）想象图

BBC

BBC夜空探索

PATRICK MOORE'S GUIDE TO THE MOON

月球旅行指南

[英] BBC《仰望夜空》(*Sky at Night*) 杂志 编

毛永娜 译

在天文学中，我们习惯把我们的邻居当作麻烦，因为它明亮的眩光阻碍了我们使用望远镜来观测更远的地方。而在本书中，我们将会告诉你为什么月球在几个世纪里都吸引着人类。





中国工信出版集团



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

BBC夜空探索

月球旅行指南

[英]BBC《仰望夜空》杂志　编

毛永娜　译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据

月球旅行指南/英国BBC《仰望夜空》杂志编；毛永娜　译.--北京：人民邮电出版社，2019.12

（BBC夜空探索）

ISBN　978-7-115-51842-2

I.①月…II.①英…②毛… III.①月球探索—普及读物 IV.①V1-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第178706号

◆编　[英]BBC《仰望夜空》（Sky at Night）杂志

译　毛永娜

责任编辑　王朝辉

责任印制　陈犇

◆人民邮电出版社出版发行　北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164　电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 http://www.ptpress.com.cn

北京东方宝隆印刷有限公司印刷

◆开本：787x1092 1/16

印张：6.75　2019年12月第1版

字数：222千字　2019年12月北京第1次印刷

定价：55.00元

读者服务热线：**(010)81055410**　印装质量热线：**(010)81055316**

反盗版热线：**(010)81055315**

广告经营许可证：京东工商广登字**20170147**号

目录

封面

扉页

版权信息

内容提要

序言

帕特里克观点：曾是月球人，永是月球人

我们一直以来的伴侣

丈量月球的大小

帕特里克观点：变化的环形山和移动的月海

月球观测基础

月表观测：东北象限

月球真实的颜色

月表观测：东南象限

发现月球峡谷

月表观测：西北象限

探索月球穹顶

月表观测：西南象限

月球摄影指南

帕特里克观点：无人探月任务应当持续

谷歌的月球X大奖

月球背面的望远镜

未来畅想 我们需要一个月球基地来探索恒星世界

译者后记：天文教育——星辰大海征程中的铺路石

返回总目录

内容提要

《仰望夜空》（*Sky at Night*）杂志是一本由英国广播公司（BBC）出版的关于天文学和天文观测的杂志，这本杂志是在BBC已有50多年历史的《仰望夜空》专栏电视节目的基础上诞生的。《仰望夜空》栏目曾由知名天文学家帕特里克·摩尔先生主持，现已成为BBC的经典节目之一。从宇航登月到日食观测，从夜观天象到人物访谈，从天文摄影到太空探索，这本杂志的内容包罗万象、应有尽有。

本书是BBC基于《仰望夜空》杂志出版的一系列图书之一，主要介绍了观测我们的卫星——月球的方法及技巧。本书从认识月球所需的基础知识讲起，作者将月球分为了4个象限，详细讲解了在各象限中值得重点观测的目标及观测方法，最后还给出了月球摄影指南及对未来月球基地的畅想等内容。

本书适合广大天文爱好者阅读、收藏。

序言



我无法记起我第一次看向月球的时刻，也想不起我何时意识到月球是个大石块而非奶酪球。很久很久以前，作为绕太阳旋转的地球的一个固定伴侣，它就一直在那里，就像天空是蓝色的一样显而易见。

我怀疑我不是孤独的，或者说不是唯一一个认为“它是一个奇妙世界”的人。它不只是一个“银盘”，还是一个充斥着无数的环形山、巍峨高峰和狭长山谷等复杂地貌的地方；一个从未远离过地球，但是每天看起来都不同的地方。在天文学中，我们习惯把我们的邻居当作麻烦，因为它明亮的眩光阻碍了我们使用望远镜来观测更远的地方。而在本书中，我们将会告诉你为什么月球在几个世纪里都吸引着人类。

帕特里克·摩尔爵士的文章能够帮助你了解我们这个最近的邻居。在本书中，你可以找到很多他的专栏文章，还有一些来自于皮特·劳伦斯的专栏文章。我们根据象限来安排内容，并按照纬度降序的方式编排以便于检索。同时我们还给出了一个月球观测的基础指南，告诉你如何深入地探索它那些隐藏的峡谷和不起眼的地区，甚至还将带你进入月球摄影

的世界。

“在天文学中，我们习惯把我们的邻居当作麻烦，因为它明亮的眩光阻碍了我们使用望远镜来观测更远的地方。”

月球的特别之处在于任何人都能看见它，不论你生活在乡下还是在市中心，不论你利用望远镜还是仅仅使用肉眼，你仅需仰望夜空。

Kev

凯夫·洛春

BBC《仰望夜空》杂志编辑

帕特里克观点：曾是月球人，永是月球人

透过望远镜看了一眼月球，这引发了一个男孩对我们星球唯一的自然卫星终生的热爱。

在我7岁那年，我第一次透过望远镜看月球。我们家的一位朋友梅杰·AE.莱文在赛尔西拥有一个天文台（很久以前我住在那里），我在那里使用了他的152.4毫米（6英寸）折射望远镜。那天，月球是我们的第一个目标，我透过目镜看到了山脉、环形山和峡谷，显然当时的我并不理解它们真正是什么，但我入迷了。我记得当时我说："等我长大了，我要研究月球"，后来我也做到了。

当然，在1930年时，一切都与现在不同，关于月球，我们知道的比现在要少得多。它被认为有足够多的大气能够形成薄云，并且有一定数量的火山活动在持续，我们对它总是背向地球的一面完全一无所知。至于旅行到那里——好吧，直到第二次世界大战结束之后，一位非常资深的天文学家，理查德·范·德·里特伍莱对此做出了明确的说明，即太空旅行的整个想法都是"彻底胡扯"。

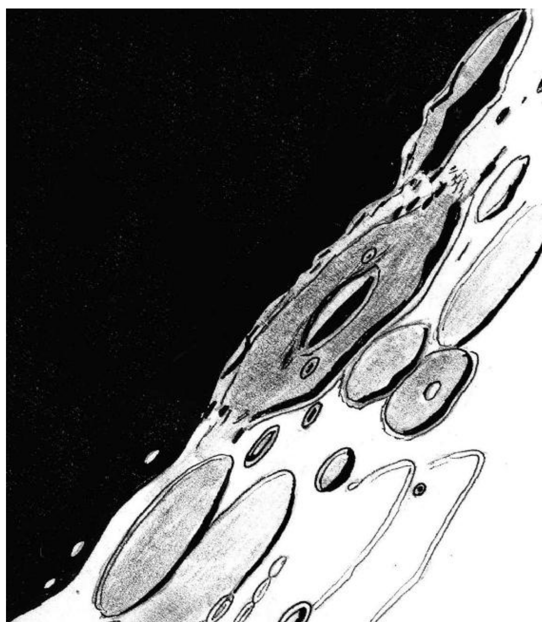
虽然对于我，作为一个小男孩，月球似乎是那么遥远难以到达，但我仍然想找到自己的探月之路。因此，当我在1933年得到了属于我自己的76.2毫米（3英寸）折射望远镜时，我架设好了它。这台望远镜花费了7.10英镑，我一直保存着它，它是我最珍贵的财产之一。

我使用我自己的观测方法和记录方法，并且我相信这也适用于其他的新手，因此，它似乎值得被传播。

月球的形态似乎会随着太阳照射角度的变化而改变，这可能会让人感到迷惑。大环壁平原马基努斯是一个很好的例子，当在晨昏圈附近看它时，它非常壮观，环壁上的高峰在它的底部投下长长的阴影，但在明亮的环境下它却难以辨认。曾有人说过"满月不识马基努斯"。我们能够在阳光照射下找到一些拥有非常暗的底部（如柏拉图、比利、格里马尔迪）或者拥有非常明亮的峭壁（如阿里斯塔克、普罗科洛斯）的环形山，但这只是例外而不是规律。



帕特里克的第一台望远镜，在他的一生中这一直是其珍贵的财产。



帕特里克关于月球上爱因斯坦火山口的素描，画于1964年8月。

我所做的是采用轮廓图的方法来解决这个难题，即在不同的照射条件下对每个命名对象绘制3幅图。这个工作花费了我超过1年的时间，我现在仍然保留着这些素描。当然，从科学上讲，它们是没有价值的，但是当我完成这个工作时，比起在我的家乡东格林斯特德，我更容易在月

球上找到方向。

我从这个工作中学到的一点是：不要试图描绘一块太大的区域，专注于将其缩小。例如，大暗底环形山柏拉图的直径有109千米，当我描绘它的时候，把它调整为大约25.4毫米（1英寸）那么大，先做主要的轮廓，然后用更高的分辨率填充细节。

一个新的月海？

今天，类似于我口径为381毫米（15英寸）反射式望远镜的设备都能够用来拍摄月球的照片，远好于任何专业天文台在几十年前的拍摄结果。CCD图像传感器及类似的设备革新了一切。仅依赖于我们的眼睛，业余天文爱好者也可能获得有趣的发现。

1945年，当我最终脱下英国皇家空军制服时，我的精力回到了观测月球上。我非常幸运地获得了使用真正大型折射望远镜的机会，尤其是巴黎838.2毫米（33英寸）、约翰内斯堡685.8毫米（27英寸）和亚利桑那弗拉格斯塔夫的罗威尔天文台的609.6毫米（24英寸）望远镜，同时我也仍然在自己位于东格林斯特德的天文台使用现代的反射望远镜（我于1967年才在塞尔西定居）。我专注于观测月球边缘的构成，它们是非常狭窄的，同时依赖于天平动进出视场。

在20世纪40年代晚期，我描绘了一个月球表面结构的边缘图，其中大部分是在背向地球的一侧以至于我在极端的天平动时只能看到很小的一部分。它并不在我的月球地图上。我称之为东方的月海——东海，同时我将结果发送给英国天文学会的月球分部，我确信我是第一个看到它的人。但是……我并不是，1906年由德国天文学家朱利叶斯·弗兰兹绘制的月球图清楚地表明了这一点——他也称之为东海（因为它位于东部，很久以后，国际天文学联合会将东西方向颠倒了过来）。当然，我们现在有非常详细的月球背侧地图，并且东海是一个巨大的环状结构，不同于月球上的其他任何东西。与此同时，我还描绘了一个巨大的现在被命名为“爱因斯坦”的环形山，我想我是第一个看到它的，但这并不重要。

持久的魅力

至少我关于天平动区域的地图被使用了。我是一个非常大的团队中一个微不足道的成员，随着人类登陆月球，那时成为一个令人兴奋的时

代。阿波罗任务期间我担任电视评论员，当阿波罗8号载人绕月时我正在电视中解说；当尼尔·阿姆斯特朗在静海的贫瘠岩石上“迈出一小步”时，我也正在电视中解说。我无法回忆出当时准确的话语，而且不幸的是电视台丢失了所有的录像带，但是这是一个永远无法遗忘的时刻。

阿波罗任务之后，我将月球观测集中于月球瞬变现象（一个我发明的术语）。这里还有很多的工作要做，并且毫无疑问，月球瞬变现象是真实的，尽管大动荡属于遥远的过去，但月球并不是完全宁静的。而人类下一步将会建立月球基地，月球终将会成为一个生机勃勃的世界。

作为一位86岁的老人，我无法期待看到这些，或者获得更多的观测结果，但我的兴趣和热情仍同以往一样高涨。以往我一直是月球人，而我仍将是月球人，直到我生命结束。

我们一直以来的伴侣

从远古时候起，作为我们天空中一道熟悉的景象，月球贯穿着人类的历史。



你应该知道

年龄：45亿年。

直径：3475千米。

质量：地球质量的0.0123。

与地球平均距离：384400千米。

平均轨道速度：3679千米/小时。

轨道周期：27.3地球日。

月球周期：29.5地球日。

表面重力加速度：地球表面重力加速度的1/6。

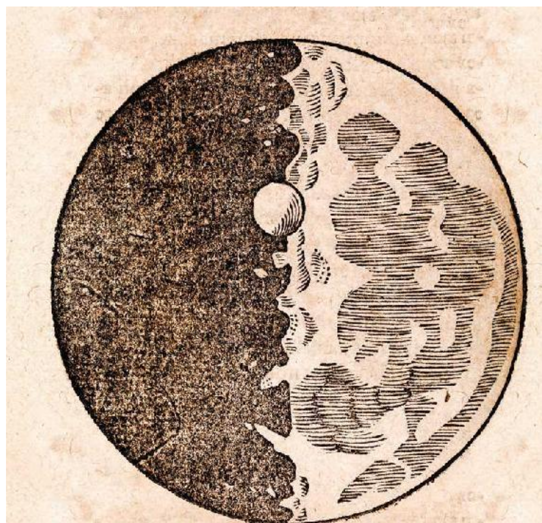
月球是我们海洋潮汐力的来源，是影响奇妙的生物钟周期的原因，是人类迄今为止唯一踏足的地球之外的另一个世界，它看起来似乎是一个熟悉而且看得见摸得着的地方。它的直径是地球直径的1/4大小，距离地球约40万千米，是金星到地球距离的1/100。鉴于它的接近程度、亮度和巨大的表观尺寸，就很容易理解为什么几百年来月球一直让人类陶醉。

我们的月球是由什么组成的？

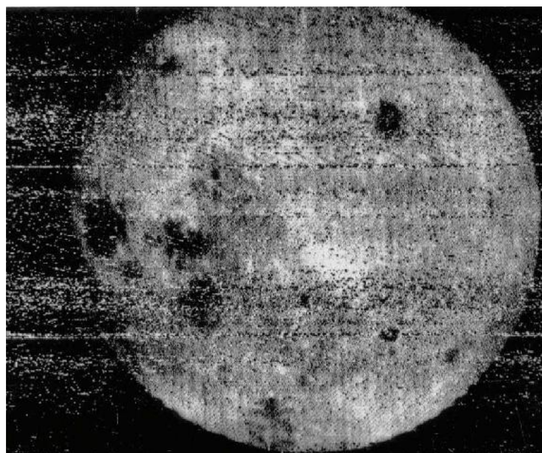
我们的自然卫星有一个小的主要是铁的核，一个独特的地幔，以及由斜长岩和玄武岩组成的不同厚度的地壳。

在广泛的街道照明出现之前，月球是夜间活动的主要光源。月相的绝对规模和规律周期，使得它成为我们祖先显而易见的计时工具，构成了早期历法的基础。

在望远镜发明之前，观测者注意到月球上有一种不变的黑斑图案，后来被称作月海或者“海洋”，因为它们被认为是大量的水。



这是1609年伽利略通过他的望远镜所描绘的月球草图中的一幅，这些草图挑战了当时人们关于月球是什么样的普遍看法。



1959年，从月球3号探测器上我们第一次看到月球背面，揭示了令人惊奇的月海缺失现象。

直到中世纪，月球仍被认为是一个光滑的球体，整齐地插入亚里士多德的“完美天堂”中。直到1609年，伽利略将望远镜对准月球，这种看法才被摒弃。

伽利略不是第一个通过望远镜观测月球的人，这一荣誉属于英国人托马斯·哈利奥特，他的草图早于伽利略几个月，但伽利略是第一个发表观测草图的人。在他的《星际使者》著作中，伽利略揭示了一个充满陨石坑和山脉的世界。他看到了晨昏圈，即分开昼夜的界线，经常是锯齿状的，并正确地推断了这种不规则必然是地形特征投射的阴影造成的。

敏锐的目视能够区分大约十几个月球地形。而一个典型的双筒望远镜，如果足够稳定，将会使你看到的月球是一个伤痕累累、没有空气的世界，并且极有可能比伽利略在17世纪看到的更清晰。即使是通过最小的现代设备的观测视野你也能发现无数的撞击坑，它们常常被很长的喷射物所环绕，旁边是凝固的熔岩、高耸的山峰、古怪的裂缝和悬崖——这是一个值得被探索的全新世界。

锁定在地球上

你不需要一台望远镜就能够发现，每晚我们都能看到相同的月球特征在回望着我们。这是因为月亮与地球同步旋转，也就是意味着月球绕它的自转轴旋转一周的时间与它环绕我们的行星公转一周所需的时间是同样的27.3天（恒星月）。

这不是巧合。地球施加在月球上的引力引起了月球自身的隆起，类似于地球上海洋的潮汐。这些隆起打乱了月球引力的平衡，使之自转减慢直到与公转周期相同。尽管圆圆的月球出现在天空中，但它远不是球形的，它更接近柠檬的形状。



我们现在所知的月球背面，由于潮汐锁定永远背向我们。

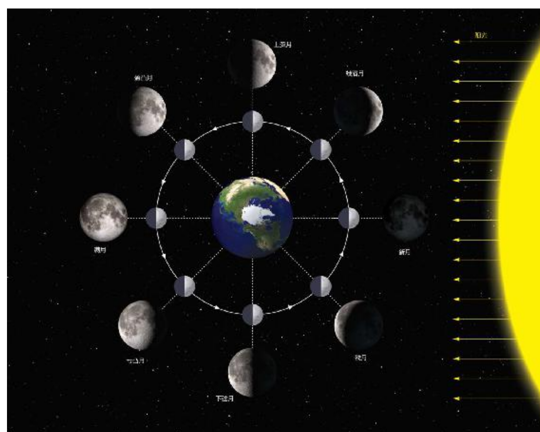
这种“潮汐锁定”的后果是，在人类历史的绝大部分时间里，月球都有一个绝对的秘密：没有人知道月球背面是什么。这个秘密直到1959年才被揭晓，当时苏联的月球3号探测器成为迄今为止第一个传回月球那不可见一面图像的探测器。

1959年10月26日，在令人难忘的电视节目插叙中，帕特里克·摩尔宣布苏联任务成功，揭示了第一张在空中拍摄的月球背面的模糊照片。按照今天的标准，月球3号探测器拍摄的图像是粗糙的，但它仍揭示了暗面在很多方面与亮面有着惊人的不同。

月球朝向地球的半球面的35%被月海岩浆覆盖，而背面则很少有这种熔融物质，月海仅占1%。据科学家认为，这是因为月球背面地壳较厚，其厚度可能是朝向地球一面的2倍，原因可能是由于一颗伴星撞击后而缓慢增加的。而南极-艾特肯盆地的发现支持了这一理论，盆地位于月球背面，形成于39亿年前，宽2400千米，深约13千米。

月球特征的主要分类





产生月相周期是月球运行在轨道上，与地球和太阳的相对位置关系的结果。

太阳总是照耀着

同样明显的是，月球朝向地球的半球在一个月内亮度一直在变化——顺带说一句，我们从“月球”得到了“月”这个词。虽然太阳总是能照亮整个月球的一半，但我们能看到的月球光亮面的面积取决于它在绕地轨道上的位置，从而产生我们看到的月相。

想象你正在从上面看地球、月亮和太阳。当三者对齐月亮在中间时，月亮的光亮面背离地球，产生了新月。从新的月相慢慢出现在傍晚的天空中，新月一天天变得更厚，术语“盈”用来表示这种增厚阶段。新月后大约一周，蛾眉月主导着月球最终以明亮的半圆形式出现在天空。

这有些让人迷惑不解地被称为“上弦月”，指的是月球在它29.5天的月相周期上的位置，而不是指从地球上有利位置所看到的月球光亮面的比例。在上弦月之后的鼓起阶段被称为盈凸月。月球光亮面的增加大约持续到新月两周后，成为明亮的满月，此时月球和太阳位于它绕地轨道的两侧。当我们的星球、我们的卫星和我们的恒星相互对准时，也就是新月和满月的这两点，被称为“朔望”。

满月之后相位反转，月球的光亮部分开始缩小。经过亏凸月之后，月球运行到它轨道的3/4的位置，出现了下弦月月相。月亮再次呈现出半圆形状，尽管这是上弦月时被照亮的另一半。此后，大约经过一个星期的时间，月亮才能够从出现在清晨的残月再次变为新月。月球需要29.5天才能完成月相周期或者阴历月，这比它完成绕地公转周期稍长。这被称为朔望月。

椭圆轨道和月食

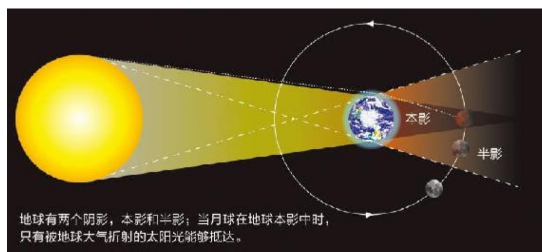
月球的椭圆轨道与地球轨道夹角平均为5度。这意味着在大多数满月情况下，它在太空中地球阴影的上方或者下方通过。但是当满月进入地球阴影时，我们就会看到一个不同的现象：月食。

因为太阳比地球大得多，它将我们星球的阴影分为两个部分：最黑暗的部分，称为本影；以及一个亮一些的外环，称为半影。月食的强度取决于月球通过地球阴影的多少，以及它穿过阴影的哪一部分。

在整个月食中，整个月亮穿过半影进入本影，逐渐变暗直至被完全遮盖，这被称为全食。全食时，没有阳光直接照射到月球，但有部分通过地球大气折射而照射到月球上。当我们的大气过滤掉蓝光后，月球会呈现非常奇怪的橙褐色。

当月球进入月食变暗淡时，天空也会变暗。你可能并没有意识到满月有多么灿烂。它以蓝雾点亮了它周围的天空，只有明亮的恒星可见。在月全食期间，较暗的月球意味着暗弱的恒星能够出现，我们最终会看到闪烁的恒星包围着深红色月球的怪异景象。

还有两种其他类型的月食：月偏食，只有一部分月球穿过地球黑暗的本影；半影月食，月球的一部分穿过较亮的外环阴影。月偏食可能会非常明显，而半影月食常常只会导致月球轻微变暗。



地球有两个阴影，本影和半影；当月球在地球本影中时，只有被地球大气折射的太阳光能够抵达。

大神话

月球的暗面


月球的北极是永久被遮蔽的环形山的家园，其中的一些含有冰。

“月球的暗面”在天文中，它经常被用来（不正确地）代指月球的

背面。这个短语有些用词不当，因为月球的背面同样具有明暗周期，与我们所看到的朝向地球的半球一样。从技术上讲，在满月的瞬间，月球背面是“黑暗的一面”。月球表面上一直沉浸在阴影中的地方仅有北极和南极的几个深环形山。


月食时，地球大气的散射光能够引起月球颜色变红。

当同样的事情发生在新月时，情况会恰恰相反，我们可能会看到日偏食或日全食。惊人的巧合是，现在月球的尺寸是太阳的1/400，但太阳到地球的距离是月球到地球的距离的400倍，这就意味着它们在天空中看起来大小相同。在日全食期间，月球覆盖太阳圆面的事实，使得我们能够瞥见我们恒星幽灵般的外层大气——日冕。


日全食能够发生仅仅是因为一个惊人的宇宙巧合。

变化的关系

地球上的生命很大程度上要归功于我们这个岩石同伴，如果没有它，我们行星的自转轴会在0度和85度之间大幅度倾斜，尽管这仅会在100万年的时期内，使我们的半球在混沌的冰河时代和灼热的地狱之间游走，但对不断演化的生命而言，这将是一个死刑。

我们和月球的关系在变得越来越遥远。当它刚刚诞生的时候，月亮距离我们的行星仅有22500千米。现在，它距离我们远了差不多10倍，

而且还在以每年3.8厘米的速度远去——与指甲的生长速度相同。这带来的结果就是，地球的自转速度在变慢，我们的一天在变长。

最终，当一天的长度和现在一个月的长度相同时，月亮将不再穿过我们的天空，也将不再会有新月和满月，我们仅仅只能在地球一侧的夜空中看到一个小的、静止的圆盘，就像我们在冥王星-卡戎系统中看到的情形一样。当这一切发生时，人类将有望在遥远行星的其他卫星上向外观测。

月球来自哪里？



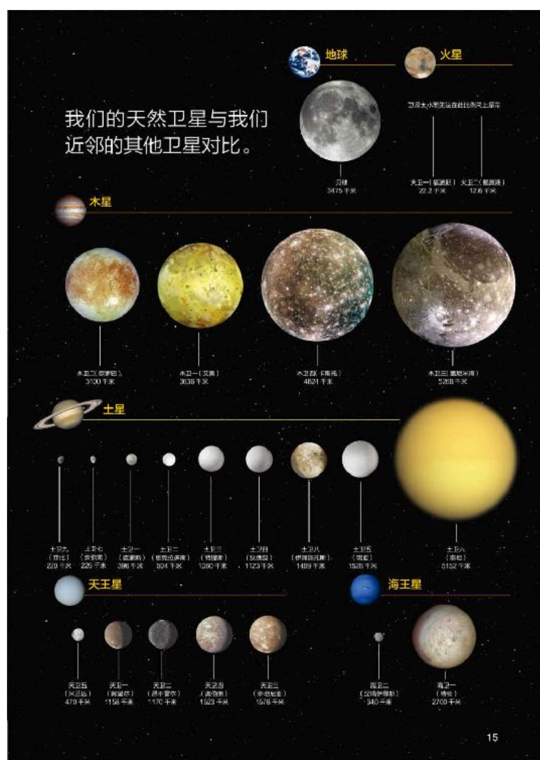
现在大多数的科学家认为，月球是在大约45亿年前形成的，当时一个火星大小的物体（后来命名为忒伊亚）与早期的地球相撞，撞击将碎片散落到地球轨道上，它们在合适的距离上聚集起来形成了月球这个独立的物体。而任何靠近地球的物质都会被地球的引力拉回来。

这一理论诞生于阿波罗任务带回的月球采样的化学分析，结果表明它和地球的构成具有明显的相似性。但是有一个问题：这些成分看起来太相似了，如果发生过这种碰撞，月球应该会带有更多的忒伊亚的物质，因此应该与地球有更大的不同。

阿波罗样本是从一个非常小的区域获取的——这能解释这种相似之处吗？这似乎不能，因为我们还有其他的月球物质。俄罗斯的月球探测计划带回了0.33千克月球样本，我们也有一些月球陨石，而所有这些材料的分析带来了一个相似的问题，它与地球的构成太相似了。

那么，我们是否该告别碰撞理论呢？目前该理论仍然有很多的支持者，而最能证实该理论的论据将是从已知但更加多样的地点获得更多的月球样本。

太阳系的卫星们


地球
火星
我们的天然卫星与我们
近邻的其他卫星对比。
月球
3475 千米
火卫一
22.2 千米
火卫二
12.6 千米
木星
木卫二
3130 千米
木卫一
3636 千米
木卫四
4821 千米
木卫三
5268 千米
土星
土卫九
220 千米
土卫七
226 千米
土卫一
396 千米
土卫二
504 千米
土卫三
1060 千米
土卫四
1123 千米
土卫八
1469 千米
土卫五
1528 千米
土卫六
5152 千米
天王星
天卫五
470 千米
天卫一
1158 千米
天卫二
1170 千米
天卫四
1523 千米
天卫三
1578 千米
海王星
海卫二
340 千米
海卫一
2700 千米
15

丈量月球的大小

透过镜头我们的邻居看起来很大，但是在超过38万千米的距离之外，你很难了解它突出的特征真正有多大——除非你用其他地区对比它们。

文：皮特·劳伦斯



月球对比英国

月球的直径是3475千米，大约是地球的1/4。英格兰的兰兹角与苏格兰的约翰-奥格罗茨的直线距离是960千米，大约为月球直径的1/4。从地球上看，月球的角直径在33.6角分和29.4角分之间变化，平均值为31.1角分。为了简单起见，月球的角直径通常被描述为0.5度。

哥白尼环形山对比英格兰中部地区



哥白尼环形山是雨盆地南部的一个火山口，其90千米直径内包含了一座高达1200米的中央山峰，是夏德伦敦桥的4倍高。如果哥白尼环形山是以伯明翰为中心的话，那么它的边缘几乎可以远至莱斯特，而它最长的喷射线将直抵奥克尼。

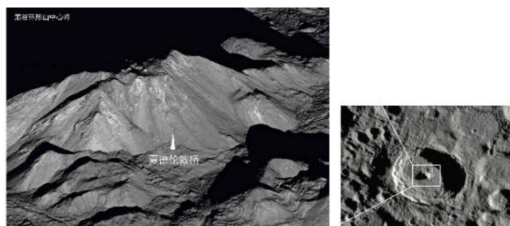




（月球的）亚平宁山脉对比（地球的）阿尔卑斯山脉

月球亚平宁山脉定义了雨海的边界，全长600千米，拥有几座高达5千米以上的高峰。地球上的阿尔卑斯山脉全长960千米，是月球亚平宁山脉的1.5倍，最高峰勃朗峰高达4.8千米。形成雨盆地的撞击造成了物质被推向旁边，从而形成了亚平宁山脉。

第谷环形山对比夏德伦敦桥



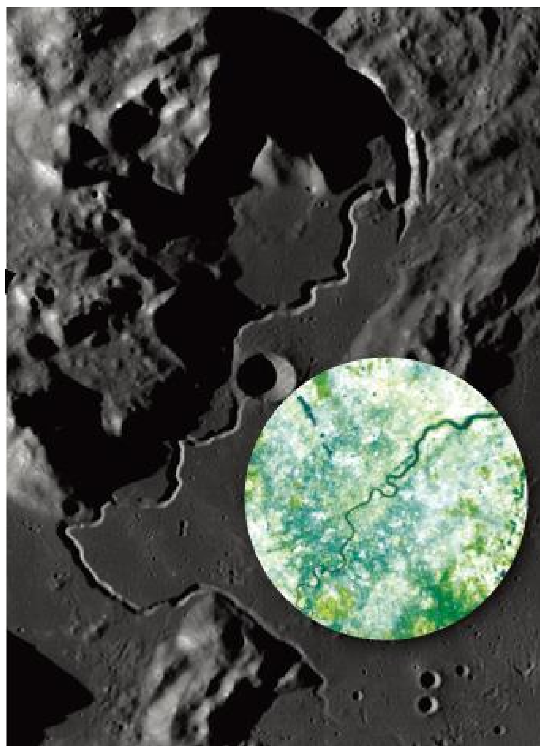
南部射线状的第谷环形山拥有与众不同的边缘，它跨越86千米，类似于伦敦市中心到牛津的距离。直径60千米的M25公路（伦敦的城郊环形公路）正好与第谷环形山的底部大小相匹配。环形山拥有一个2000米高的中央高峰，大约是310米高的夏德伦敦桥的6.5倍，这个中央高峰很容易被一台小型望远镜看到。

危海对比法国



危海靠近月球的东北边缘，拥有黑暗的、椭圆形的特征。它的450千米×560千米大的底部是39亿年前被一个25千米宽的物体撞击的结果。整个爱尔兰都可以放进危海底部，而危海本身又可以放入法国境内。

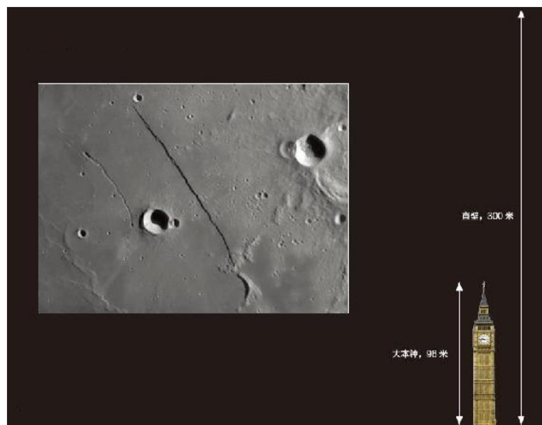
哈德利月谷对比泰晤士河



泰晤士河，从达特福德隧道到泰晤士河的金斯敦。

哈德利月谷是一道月球表面的裂缝，是由一个古老的、被掩埋的熔岩河顶部崩塌形成的。它的主体长80千米，最大宽度2000米，深370米，至少需要一台203.2毫米（8英寸）的望远镜才能看到。相比之下，英国泰晤士河总长346千米，掠过议会大厦处宽252米，在河口处，它的深度最深处为20米。

直壁对比大本钟

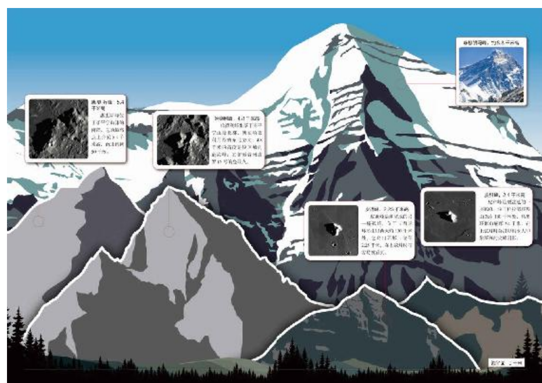


直壁是一条110千米长的线性断层，在上弦月的一天，它的影子会给人一种陡峭悬崖的错觉，而它300米的高度差其实是一个平缓的7度斜坡。该断层的高度大约是大本钟的3倍。

月球上的山脉

月球上并不缺少壮观山峰

月球上有许多壮观的山脉。当被撞击加热的物质流回火山口中心，通过上升和冷却形成山脉时，大型撞击坑会形成中心高峰。月海来源于较大的撞击，它导致了物质在边缘被压缩形成了巨大的山脉。由于撞击盆地充满了熔岩，有时整个山脉都会被吞没，留下几座孤峰。以下是一些可与地球上的最高峰——珠穆朗玛峰比肩的堆叠物。

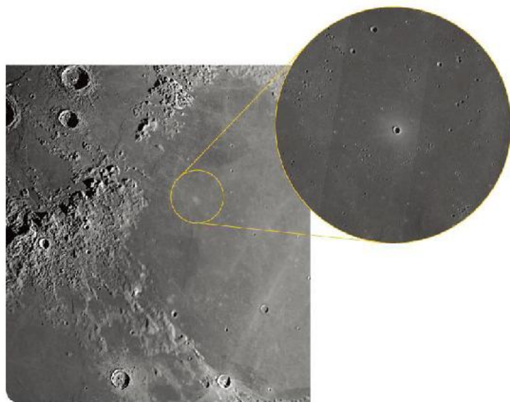


帕特里克观点：变化的环形山和移动的月海

月球坑洼不平的表面讲述了它与流星和火山熔岩的许多次相遇。

从观测的角度来讲，月球一直是我的主要兴趣点，自从1929年我用望远镜第一次看到它以来便一直如此。我自己的观测记录可以追溯到1931年，那时我刚年满8岁。那时我们对月球的了解相对较少，并且面临着各种问题，有些现在已经解决，而有些仍在探索。我想，回顾其中的一些可能会很有趣。

首先，月球表面变化的问题。被怀疑变化的环形山主要有两个：林奈环形山和梅西耶环形山。第一张真正的月球图是由两个德国人——威廉姆·比尔和约翰·马德勒于1836年在位于柏林附近比尔的天文台使用95.25毫米（3.75英寸）的折射望远镜所观测描绘的。尽管望远镜很小，但是他们描绘的月球图非常精确，而且他们还描述了月球的表面，但很不幸这些描述从未从德语翻译过来。在主要的月海之一——澄海上，他们绘制了一个小的，但是深而明显的环形山，并用瑞典科学家卡尔·林奈的名字将其命名为林奈。20多年后，时任雅典天文台台长的德国人朱利叶斯·施密特宣布该环形山消失了，取而代之的是一个小小的白色斑点。全世界所有的望远镜都指向了月球，施密特是对的——那里没有比尔和马德勒所描绘的环形山。英国天文学家领袖约翰·赫歇尔爵士相信是由于月震造成原有的环形山环壁坍塌导致环形山消失。争论持续了数年，但最终人们从太空拍摄到了林奈环形山，并且证明了它是一个完全正常的撞击坑。



有时候林奈环形山似乎完全消失了。其实它始终可以从太空中看到，就像放大图中月球轨道探测器拍摄到的一样，但是从地球上观测（左图），它看起来像一个白色的斑点。

光线的变化提供了答案。我曾做过数百次的观测，有时候林奈环形山确实看起来像一个的纯粹斑点。但实际上它并没有真正的变化，其实，马德勒自己在1868年观测到了这种形态，并且说它看起来与他记忆中19世纪30年代的样子一样。

变化的景色

梅西耶环形山是丰富海的一个小环形山。与之相邻的是另一个小环形山，梅西耶A，从它们中延伸出一条奇怪的双射线，被称为“彗星”。比尔和马德勒说这两个环形山完全一样，但事实上梅西耶A更大，轮廓也更不规则。据称这里也改变了，但与林奈环形山一样，不同的光线条件也能够给出答案。有时候两者看起来很像，使用望远镜跟踪这对儿环形山并观测一整个月相周期，你就会明白我的意思。

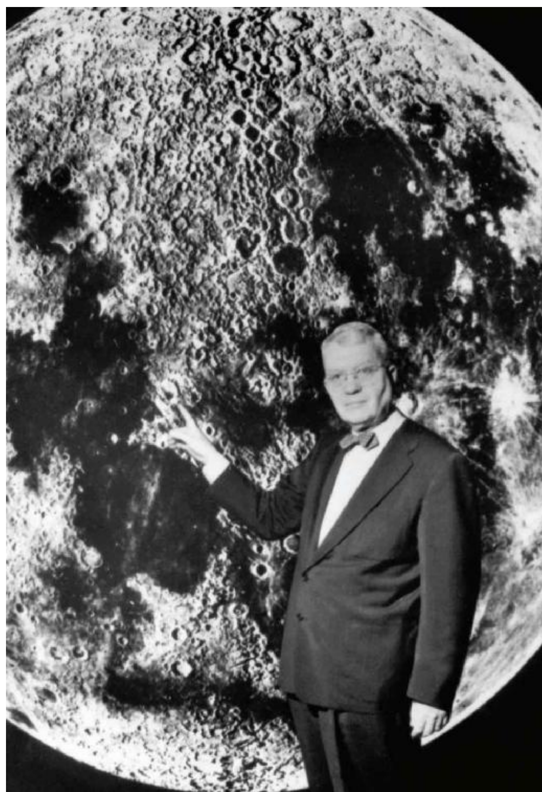
月球曾被认为拥有大气——虽然比我们稀薄很多，但仍然可见，并且可能会有月球流星。1952年，我记得与国际著名流星专家阿玛尼天文台的恩斯特·厄皮克讨论过这种可能性。在他看来，月球有流星是“非常有可能的”，并且应该是缓慢移动，流星拖尾长达130千米。可以使用一台304.8毫米（12英寸）的望远镜，每8小时观测一次，平均记录到一颗月球流星是可能的。随后美国的观测者报告了许多类似的情况，并且在1941年，月球和行星观测协会的哈斯计算了他所记录物体的可能直径，

它有180米长，因此不得不归类为陨石而不是彗星碎片。

我们现在知道月球大气是可以完全忽略的，并且流星现象根本就不会发生。那么美国的观测者们看到了什么？更重要的是，由于无大气层已被证实，月球流星的报道也已经停止。

看不见但并非未知

关于月球背面也一直存在争议，我们永远无法从地球上看到它，因为它永远背向我们。它会和我们已知的这面有非常大的区别吗？19世纪，丹麦天文学家皮特·汉森认为月球密度不规则，所有的空气和水都被吸引到背面，甚至可能有生命存在。到目前，我们拥有了整个月球的详细地图，月球背面和我们熟悉的这一面一样贫瘠和坑坑洼洼，尽管它们有细微的不同。朝向我们的近端一面缺少大的、浅的、被称为变余结构的地形，而月球背面缺少主要的月海——除了东海，其一小部分延伸到月球正面的天平动区域。



即使诺贝尔奖得主也可能犯错：哈罗德·尤里相信月海曾经充满了水。

关于月球的环形山起源也有无尽的争论。它们是火山——事实上，是火山口？或者是由于陨石的碰撞？我本来认为是火山，但是由于相反的证据多如牛毛，因此我不得不承认自己错了。所有的大环形山均起源于撞击。但月海是熔岩铺就的，表明月球曾经非常活跃。我记得1965年与哈罗德·尤里的一次对话，当时我们正在注视着一个月海，他一直认为月海曾经充满了水，即使诺贝尔奖得主也会犯错。

许多奥秘已经揭开，但其余很多仍然存在，对于我而言，月球仍是世界上最迷人的东西之一。

月球观测基础

使用我们的初学者观测指南来探索月球表面的月海和环形山。



月球是开始你的观测经历的一个理想对象，因为它又大又明亮，而且拥有惊人的细节。但令大多数新手观测者都惊讶的是它所拥有的变化。尽管任何时候月球朝向地球的都是同一个半球，但你还是能够逐夜看到月球上的变化。

如果你认为满月是观测我们亲密伙伴的最佳时机的话，你可以被原谅，其实并非如此。虽然满月是观测诸如第谷等雄伟的环形山周围长而明亮的喷射物的最佳时间，但是在月球天空中太阳位置很高，这意味着没有阴影，会导致月球呈现出模糊暗淡的景象。

一般来说，观测月球给定特征的最佳时间是其位于晨昏圈，即月球白天和黑夜分界线附近时。这是太阳升起或者降落的区域，那里的环形山边缘和山峰脱颖而出，在月球表面投掷出墨黑色的阴影，夸大了它们的存在。远离晨昏圈的环形山几乎看不到任何阴影，也很难辨认出它们。在月相周期的第零天（新月），整个黑暗的月球半球指向地球，在接下来的15天，晨昏圈从东至西逐渐穿过月球表面，直到满月时整个月面完全被照亮。然后顺序倒置，被遮挡的黑暗半球每天西移，直至在黎

明前的微光中渐渐变小的月牙消失。



当位于晨昏圈上时，诸如环形山、月谷、山脉等月球特征看起来非常壮观。

月球的诸多伪装

即使使用裸眼，我们的卫星也是一个令人陶醉的物体。

地球反照



月球不仅仅会被太阳照亮。当它在傍晚或晨曦时刻处于细长的新月阶段时，有时可能会看到由于地球上云和海洋反射的太阳光使得月球的黑暗部分微微发光，这种效应被称为地球反照。事实上，相对于月球在满月时照亮我们的光，我们的地球反射给了月球更多的光。

月晕



通常在寒冷的满月或接近满月的夜晚，你会发现上层大气中的冰晶

折射月光形成的暗弱光环。因为冰晶通常都是六角形的，所以这个环总是相同的大小；它的角直径是22度，有时还能观测到直径为44度的第二个环。

红月亮



有两个原因会导致月亮呈现红润的色彩。第一个原因是，如果位于低空，它反射的光线会穿过更厚的地球大气，蓝紫光更容易被散射，因此我们看到了一个更红的月亮。而另一个原因是在月食期间，更长波长的阳光被地球大气折射到了正在发生月食而被遮挡的月球上。

超级月亮



超级月亮是满月恰逢月球位于绕地公转轨道的近地点，使得月面看起来大了14%。这个词源于占星术，但是通过正确的天文学术语“近地

点-朔望月”，你就能明白它是如何发生的。新月时，月球位于公转轨道的近地点也会发生超级月亮，但是你无法看到。



尽管月球在27.3天的时间内完成了绕地公转，但由于我们地球的绕日公转，月球完成一个月相周期需要29.5天。

在边缘处凝视

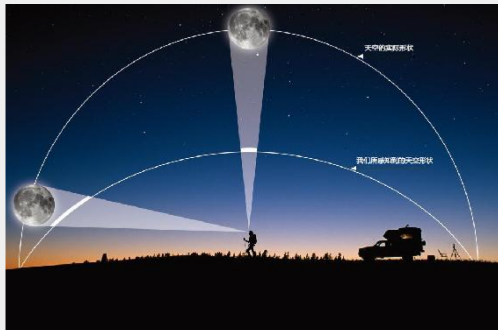
月球轨道的性质为月球观测者带来了一个有益的影响，即我们称之为天平动的摆动和旋转运动。月球的轨道是椭圆形的，因此它与地球的距离不会保持不变。最近处它会稍微加速，当距离越远时，速度越慢。这个小小的变化足以引起月球绕它的轴来回摆动，这给我们一些偶然的机会看到它东西边缘附近更多东西。

它的轨道面也是微微倾斜的，这使得它有时会出现在地球轨道平面之上，有时又出现在下方。这让我们有机会能够随着时间观测到月球的顶部和底部。综合起来，这种天平动使得我们能够看到月球总体的59%，揭示了通常隐藏在视野之外的一些特征——其中一些我们稍后会介绍。

使用肉眼我们能够非常容易地看到月相进展，例如地闪之类的全盘效应和主要的月海。双筒望远镜增加了你所看到的细节：你现在能够发现单个的环形山和大山脉，以及黑暗的月海，尤其是它们接近晨昏圈时。你能够分辨出的最小环形山取决于你所使用的双筒望远镜，但是一个7×50的双筒望远镜应该非常容易地揭示小至50千米大小的特征。

天文望远镜视野里的月球是非常令人着迷的，并且永远不会变老。在低放大倍数下，可见细节的数量令人叹为观止，特别是靠近晨昏圈处，那里的地势阴影很好地强调了细节。通过使用更短焦距的目镜增大放大倍数，你能更加靠近月球，并且有机会在月球景观附近“漫步”。

大神话：月径幻觉



在月球低至地平线上时寻找它，你会发现它不合乎自然规律得大——这就是所谓的月径幻觉，而且在满月附近它盘面最大限度被照亮时会更加明显。事实上，无论月球是在地平线上若隐若现还是在高空中照耀，它的角直径都大约为0.5度。

月径幻觉的一个解释来自于我们对天球形状的认识：我们感知到的天空是一个扁平的圆顶，而不是一个半球。因此，月球在天空中越低，它就会被认为越远越大。当月球在高空时，我们反而会觉得它离我们更近，因此表观大小更小。

虽然观测者能够完全意识到，在任何特定的夜晚，无论月球的高度如何，月球的角直径事实上没有明显的差异，但几乎没有人能够对月径幻觉免疫。

最罕见的月亮



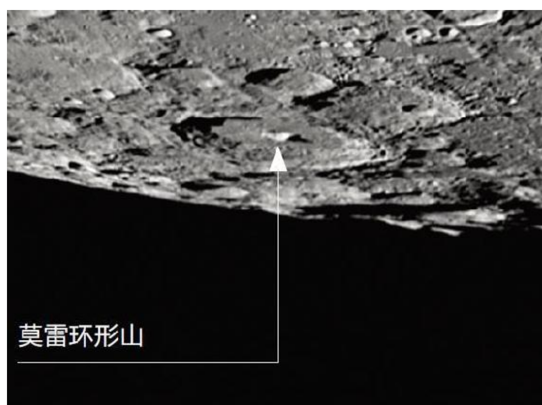
毫无疑问，你应该听说过“曾经的蓝月亮”这个说法——意思是非常罕见的东西。但是，蓝月亮是何物，我们的邻居曾经有过天蓝色的外观？

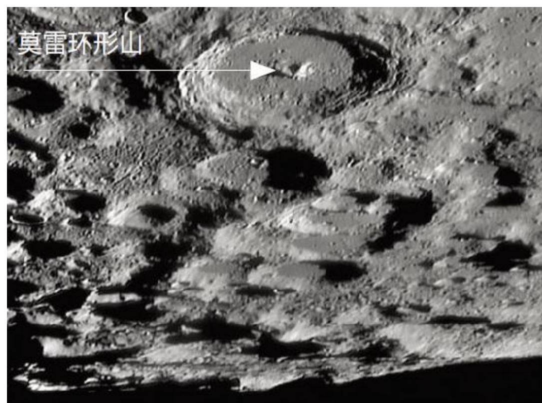
当天文学家使用这个术语时，他们很有可能是指两个月球事件中的某一个——但两个事件都不会导致月球变蓝。

传统上，蓝月亮是指拥有4个满月的某个季节中的第三个满月，通常一个季节只有3个满月。第二种更加现代的解释是，它是一个公历月中的第二个满月，这是可能发生的，因为月球月相周期仅需29.5天即可完成。

为什么在定义上有差异？这是1946年一本出版物的错误导致的结果，它混淆了传统的含义。

然而有一种情况可能会导致月亮呈现真正的蓝色，就像1883年卡拉卡托火山爆发后那样，这是非常罕见的。秘密在于大气中需要充满特定尺寸的尘埃颗粒（尺寸略小于红光的波长），并且仅此一个尺寸，这些颗粒散射了红光，使得月球呈现轻微的蔚蓝色。





天平动能够将月球边缘上的特征更好地带入视野中，莫雷环形山呈现压扁和压缩（上图），但在合适的天平动下，它发生了变化（下图）。

琐事和麻烦

通过天文望远镜观测到的月球与通过肉眼或双筒望远镜观测到的月球不同，这取决于它们的光学结构。通过折射或者折反的设备，月球会出现东西翻转，而通过反射设备，图像将被倒置。

通过天文望远镜观测月球，你可能会注意到月球表面会出现轻微的抖动，有时甚至是闪烁。这是由于我们行星大气中的空气流动，扰动越大，观测效果越差。

每晚每分钟的视宁度都会有所不同。视宁度稳定时，观测效果最好，并且波动缓和；而另一方面，差的视宁度会导致细节丢失和月球特征模糊。

数个世纪以来，天文望远镜观测者也报道了月球表面亮度的短暂变化，这些变化统称为月球瞬变现象（TLP），它们被描述为突然出现或湮灭的亮点，局部的色块和暂时的模糊，或者是丢失的月球表面精细细节。然而，尽管有几个备受瞩目的报道——包括1787年威廉·赫歇尔爵士和1992年法国天文学家奥多恩·多尔夫斯的报道，但它们至今仍然存在争议。

问题在于，月球瞬变现象本质上是短暂的，很难独立验证，并且无法重现。它们中的大多数都是由独立的观测者发现的，或者仅在地球上单一地点被目睹的，因而人们怀疑它们是否真实地发生过。有人认为，月球瞬变现象仅仅是不良的观测条件或观测设备引起的。假设它们真实

地发生过，解释它们的最普遍理论是月壳下残余气体的释放。

无论是真实的还是想象的，我们关于月球瞬变现象清楚的是，它在月球表面的一些地区比其他地区更容易出现，超过1/3的官方报道来自于艾里斯塔克斯台地（位于风暴洋）附近区域。

月表观测：东北象限

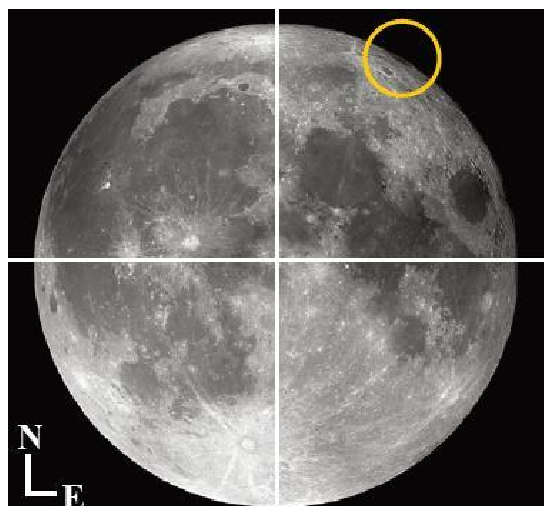
我们的月表观测序列起始于东北象限——一个以巨大月海为主的地区，这里是阿波罗11号登陆点所在地，还有一个具有神秘消失行为的环形山。



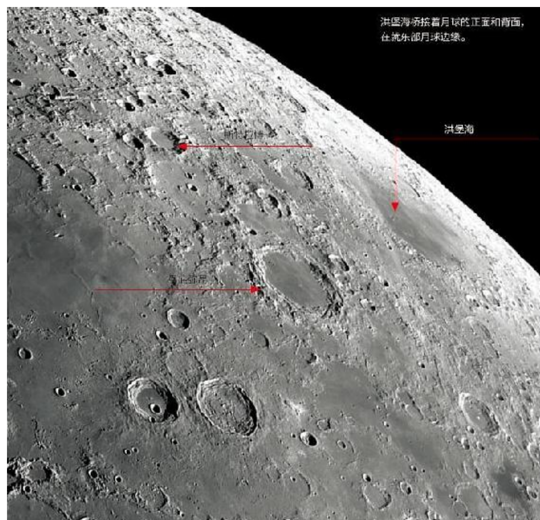
洪堡海

文：帕特里克·摩尔

类型：月海
大小：169千米
年龄：38.5亿~39.2亿年
位置：北纬56.8度，东经81.5度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



洪堡海是危海的支海之一，在真正良好的观测条件下，你也只能看到其东部边缘。还有几个也是这样的情况，界海就是如此。

这个月海是以德国博物学家、探险家亚历山大·冯·洪堡的名字命名的，虽然实际上他不是一位天文学家，但他很好地描述了1799年的狮子座流星雨。它的东部边缘延伸到东经90度，因此受天平动的影响很大，在开始月球探测任务之前，我们对它一无所知。它似乎是一个较大盆地的黑暗中央部分，盆地峭壁直径大约650千米。这个盆地的峭壁起始于斯特拉博环形山，并继续向南绕过墨丘利E环形山，然后向东最终穿入月球背面。洪堡海的直径约为169千米，这意味着它占地面积超过2.2万平方千米。

找到洪堡海最好的方法是利用斯特拉博环形山。在月海外，东侧边缘是贝尔科维奇环形山，内有中央峰和两个火山口。在有利的条件下，沿着月球边缘往下观测，然后挑选出那些不太大的月海是一件有意思的事。虽然它们都比危海小得多，但它们表明，在最近的过去该地区并不活跃。因为所处位置并不好，洪堡海和其上方的支海底部细节很难观测。

洪堡海的郊外并没有什么真正有趣的地方，但是它和危海的边界与朝向地球的半球交界处有大量的细节。

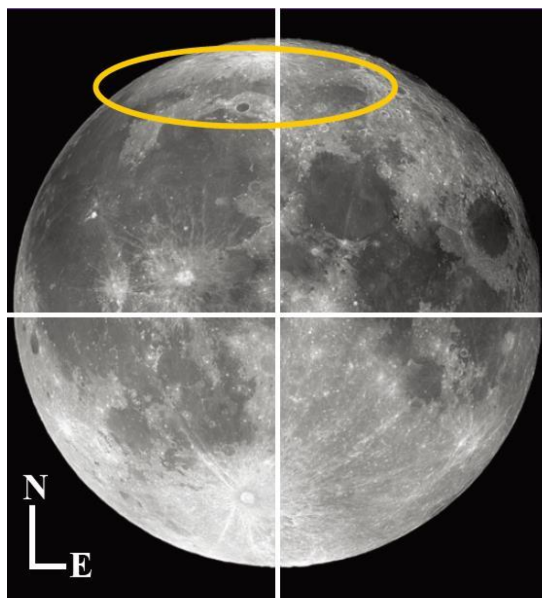
整个区域最显著的环形山是恩底弥昂环形山，它的形状非常规整，在阳光下很容易找到。恩底弥昂环形山位于东经56.5度，北纬53.6度。它是一个非常紧凑并且醒目的特征，拥有大量的壁和底部细节，虽然并

没有任何中央高峰的证据。可能是因为恩底弥昂环形山比它附近许多其他构造年轻一些，它的底部是浅黑色的，与洪堡海的颜色一样。

冷海

文：皮特·劳伦斯

类型：月海
大小：1400千米×250千米
年龄：39亿~46亿年
位置：北纬56.0度，东经0.0度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



冷海对于月海来说是非同寻常的，它中部和东部长而细，南部紧邻阿尔卑斯山脉。

无空气的月球容易被想象成为一个相当寒冷而荒凉的形象。的确，当月球表面被黑夜笼罩时会变得非常寒冷：那时，月表温度会下降到-153摄氏度。然而，白天月表温度会上升到100摄氏度，所以一个酷寒世界的形象可能是不恰当的。

尽管如此，冷海仍旧很好地保持了这个形象——这个名字的字面意思是“寒冷的海洋”。这个月海沿着月球北部从东到西延伸1400千米，与其250千米的平均宽度相比显得细而长；而大部分月海都呈现圆形或者椭圆形，这是一个明显的例外。其中部和西部看起来像是与雨海的同心圆曲线，而东部的部分看起来好像与澄海同心。凭借充分的想象力，冷海被想象为月亮人的眉毛。

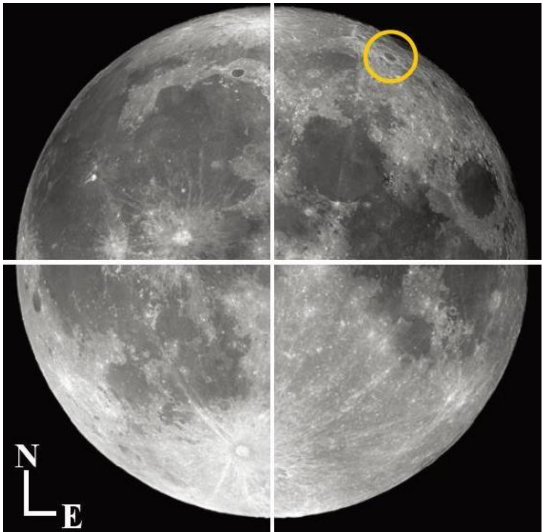
与其他许多月海不同，此处基本没有月谷、断层和穹顶等特征。它的大部分特征都由撞击坑组成，它们与较大撞击形成的喷射物射线并存。特别值得注意的是，这些巨大的射线整个穿过位于更北位置的124千米宽的戈尔德施密特环形山。最大的“本地”环形山，亚里士多德环形山位于东冷海的南部，全长90千米。这是一个非常醒目的特征，在它的右侧有高的、阶梯形的峭壁和散布于冷海底部的喷射物。冷海从亚里士多德环形山之下朝向70千米宽的欧多克索斯环形山呈现弯曲状。

冷海向西是41千米宽的哈尔帕卢斯环形山，虽然它的大小不到亚里士多德环形山的一半，但它凭借着自己位于冷海向西一个黑暗区域的中心这一不争事实保持了自己的地位。在冷海底部的陨石坑数量有所不同，东部地区比中部有更多的陨石坑，这表明东部的月海地层年龄稍大。沿着月海边缘还有很多著名的特征，包括阿尔卑斯山脉，109千米宽的柏拉图环形山和虹湾。向北有巨大的被称为赫歇尔的环壁平原值得一看。

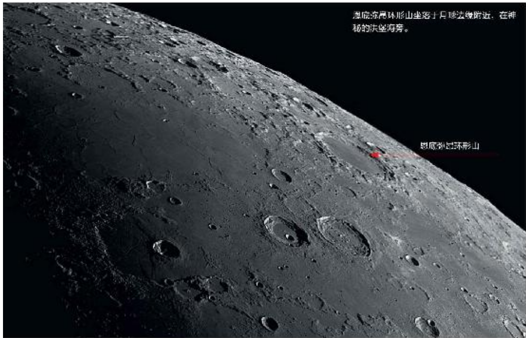
恩底弥昂环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：125千米
年龄：39.2亿~45.5亿年
位置：北纬53.6度，东经56.5度
推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



恩底弥昂环形山以一位年轻的牧羊人命名。在希腊神话中，牧羊人沉睡着并吸引了月亮女神塞勒涅，她来到了地球，亲吻了恩底弥昂，他继续沉睡——永远沉睡。在接近月球边缘处，由于它的规模和黑暗的底部，恩底弥昂环形山很容易被找到。

虽然它的底部没有突出的特征，但它仍是一个相当复杂的环形山。它的峭壁是连续的，而且相当复杂；它底部明显被淹没过的事实表明了环形山的年龄；我曾经试图寻找一个中央峰，或者任何能够暗示中央峰存在的事实，但都没有成功。然而，它附近有各种各样的小结构，其中最大的是恩底弥昂J，虽然仍旧没有中央高峰，但它拥有低矮的峭壁和底部的一些特征。

洪堡海位于恩底弥昂环形山和月球边缘之间。月海的一部分位于朝向地球的月球半球，但是在最不利的天平动条件下，较远的一侧会运动到视野之外。洪堡海不是一个通常意义的月海：它实际上是一个直径超过600千米的月球盆地的中央黑暗区域。

洪堡海和恩底弥昂环形山之间有一些看起来很小的环形山：据说洪堡海的形成与那些我们已知的、在有利天平动之下进入视野的区域存在关联。沿着洪堡海边缘延伸的是贝尔科维奇环形山，一个以俄罗斯天文学家名字命名的环形山，他极其重视月球研究。贝尔科维奇环形山也拥有一个黑暗的底部，但与恩底弥昂环形山不同，它拥有多个中央峰。

恩底弥昂环形山往往容易被观测者忽视，对照区分它黑暗的底部和其他黑暗地区是很有趣的，因为它似乎变化显著。然而，要判断它黑暗底部上是否有真实的变化并不容易，或者说，很难判断那些明显的变化是否全部来源于太阳在环形山上方照射角度的变化。因此，仔细研究整个区域是值得的。

虽然它们有很多共通之处，但你似乎并不会将洪堡海和恩底弥昂环形山混淆。但请注意，早期的月球图会将二者混淆！有一个问题是，很多个朔望月中整个区域不能被很好地观测，因此你在尝试区域描绘或者绘制地图时，使用你能获取的尽可能多的照片是很明智的做法。

克莱奥迈季斯环形山

文：帕特里克·摩尔

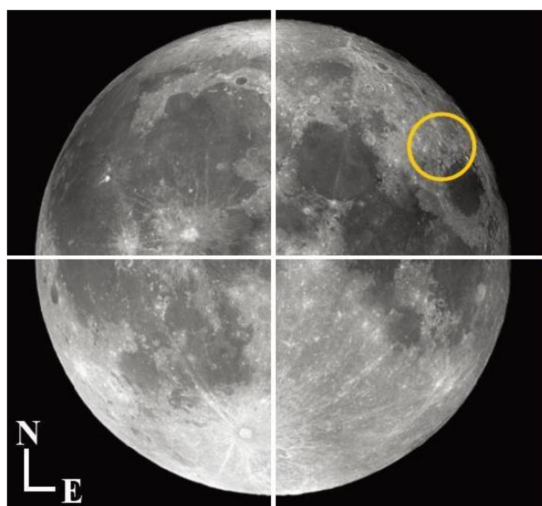
类型：环形山

大小：126千米

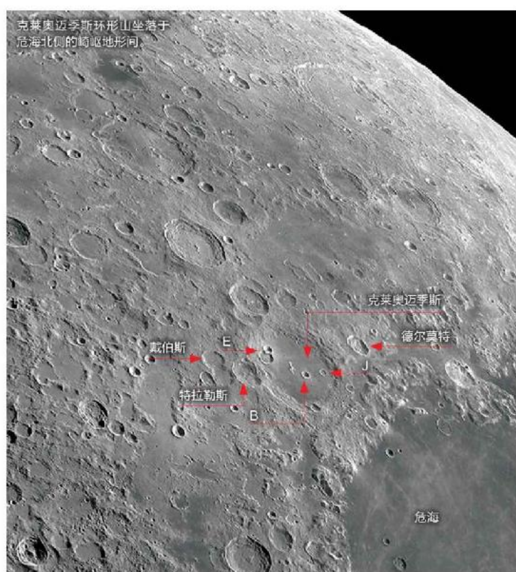
年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：北纬27.7度，东经度55.5度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



克莱奥迈季斯环形山一向很容易辨认：它位于危海北侧，这意味着

它在新月之后很快就能进入视野中，并且在满月后不久仍旧可见。它以一位编著了重要的天体运行著作的希腊天文学家名字命名，克莱奥迈季斯的生卒年月不详，但由于没有提到托勒密，所以他可能生活在公元前一世纪左右。

月球上的这个区域有几个大的构造，其中，迄今为止最大的构造是危海。该区域也是特别有趣的，因为危海是唯一一个位于朝向地球的月球半球上，与主要的月海系统分离的构造，在这里或者是月球背面都没有类似的结构。

克莱奥迈季斯环形山拥有相当规则的峭壁，虽然在北面被几个小环形山打破，其中最大的是环形山E（直径21千米），其外部壁垒被严重侵蚀和破坏，并且在西北被43千米大的特拉勒斯环形山打破。它拥有一个奇怪的不规则构型，并且比2.7千米深的克莱奥迈季斯环形山更深——深达3.4千米。在该地区，克莱奥迈季斯之外的区域都非常崎岖不平。

克莱奥迈季斯环形山的底部虽然有确切的细节——尤其是两个明显的环形山B（直径11千米）和J（10千米宽），但总体是光滑的。其灰色的底部和危海非常相似，并且在同一时间给人一种被熔岩淹没的印象。在底部中央的北侧有一座小山，被许多官方部门标记为中央峰；但对此我从来没有下定决心，但总体来说，我倾向于认为它不适合“中央峰”的地位。

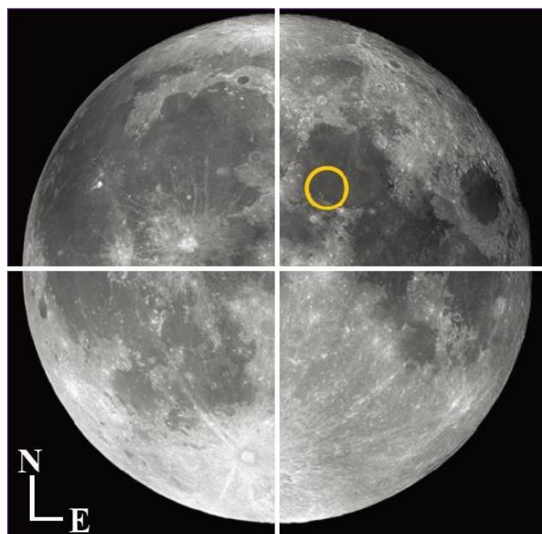
克莱奥迈季斯环形山内部最有趣的特征应该是北部狭长的月谷，从西北边缘向东南延伸。它因足够显著而拥有了一个名字，克莱奥迈季斯裂谷，并且一台小望远镜就足以观测到它。在其轨迹的中途，它分裂成一个叉形，有几条更加细小的月谷位于环形山底部的东南部，看看你能找到多少——不过你需要在良好的视宁度条件下，以及通过一个相当大的望远镜和高倍放大率进行寻找。

克莱奥迈季斯环形山和危海之间没有平坦的地面，甚至说在克莱奥迈季斯环形山附近都没有任何平滑的区域。尤其值得注意的是，其西部有33千米的德尔莫特环形山，以及特拉勒斯环形山旁的31千米的戴伯斯环形山。整个区域被明显的透视效应缩小，因为它距离月球边缘不远，但是克莱奥迈季斯环形山超出了天平动区域。下次你观测它的时候，可以试试你是否能够瞥见它底部东南侧的那些小月谷。

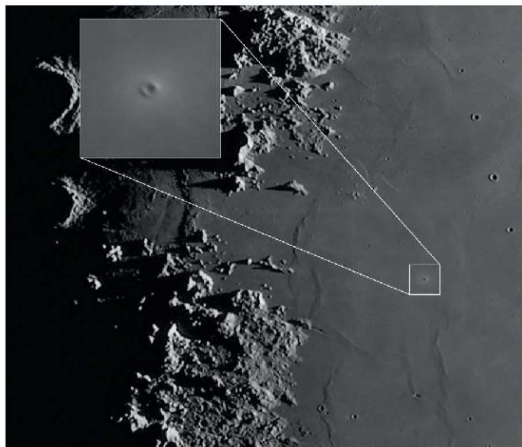
林奈环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山 大小：2.4千米 年龄：大约2千万年 位置：北纬27.7度，东经11.8度 推荐工具：152.4毫米（6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



澄海中一个孤独的特征，林奈环形山在19世纪举世闻名。

这个小型的环形山在过去受到了极大的关注。林奈环形山位于北纬27.7度，东经度11.8度。

林奈环形山直径2.4千米，深600米，但由于它被原始撞击的明亮喷射物所包围而且澄海中环形山相对较少，因而很容易被找到。澄海中最大的是贝塞尔环形山，它跨越16千米，它由北至南被一条明亮的射线穿过，并且给人以与第谷环形山相关联的印象。

毫无意外，林奈环形山出现在意大利天文学家乔瓦尼·里乔利在1651年的月球图上。绘制了第一幅良好月球图的德国观测者威廉姆·比尔和约翰·马德勒也描绘了它。他们在1839年出版的“月球图”，是一个细致、精确观测的杰作，即使在今天也仍旧惊人，尽管它是使用一台95.25毫米（3.75英寸）的折射望远镜完成的。他们将该环形山描述为该地区格局良好而且最为显著的特征，而事实上，它似乎并没有什么特别的。“月球图”拥有一个意想不到的效果，人们普遍认为，比尔和马德勒的月球图非常好，以至于不必要对月球进行进一步的观测，并且几十年来对月球研究关注很少——除了一位叫朱利叶斯·施密特的雅典天文台台长。1866年，他发表了林奈环形山消失的重要宣言，取而代之的是一块白色的斑块。这引起了人们的强烈兴趣，各地观测者的注意力又回到了月球。到底发生了什么？林奈环形山真的消失了吗？

各种各样的解释被提出，例如火山活动。林奈环形山比较年轻，因此当前火山活动的解释被认为是有很大可能的。约翰·赫歇尔爵士认为，“月震”导致了林奈环形山的壁垒坍塌，填满了火山口。据报道，由

于夜间霜冻堆积，还有明亮的区域以及变化在其间。

美国天文学家威廉·亨利·皮克林稍后提出，林奈环形山周围区域在一个月食期间明亮起来，当时一波寒潮席卷了月球表面。天文光谱学的伟大先驱，安吉洛·西奇，在梵蒂冈天文台使用望远镜观测，并且说：“毫无疑问，这里发生了变化。”

即使到现在，争议仍在继续，但我认为最终的证据来自于马德勒本人。它说他在1838年和1867年曾两度观测了林奈环形山，并且绝对没有任何改变。光线角度的改变，即使在短时间内，也可以以许多不同的形式显示出例如林奈环形山上的小特征。

我是用自己的望远镜，以及亚利桑那州的罗威尔天文台和巴黎的莫东天文台的大型折射望远镜对林奈环形山进行了数百次的观测。一般来说，它看起来像一个带有很小中心点的白色斑块。如果你在它位于日界线附近观测它，并且使用一个高倍放大率的合适望远镜［我的317.5毫米（12.5英寸）反射望远镜非常合适］，它的真实面目就很清晰了。

要记得，林奈环形山在月面学的发展历史上扮演了重要的角色，因为经过很长时间的停滞之后，它迫使观测者的注意力重新回到这颗被我们忽略的卫星上。

危海

文：帕特里克·摩尔

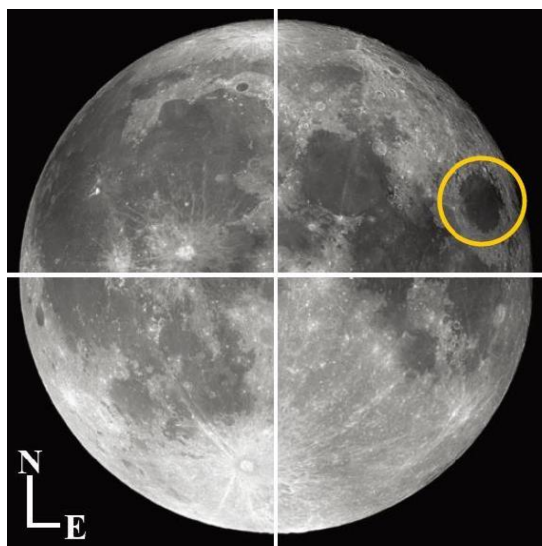
类型：月海

大小：450千米×560千米

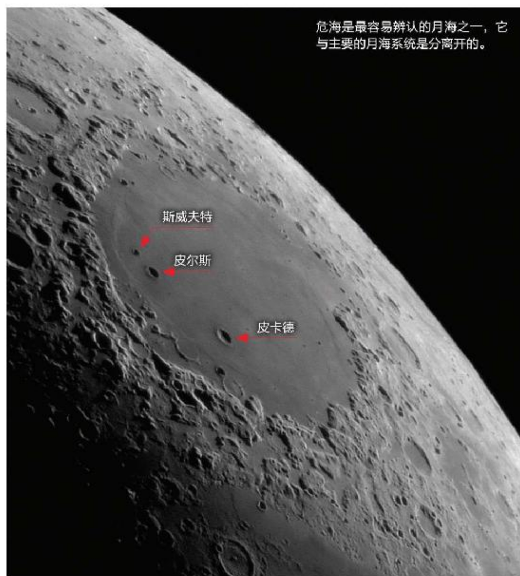
年龄：38亿~46亿年

位置：北纬17.0度，东经59度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



危海或称危机之海，是较小的月海之一，它的总面积不超过英国面积。它与主要的月海系统是分离开的，即使肉眼也可见。在靠近月球可见盘面的东北部边缘，它在月球还是薄薄的新月时就能进入视野，在整个月相周期都非常醒目。它被清晰地显示在1609年的托马斯·哈利奥特月球图上（人们通常忘记哈利奥特是第一位通过望远镜观测月球的人，比伽利略早几个月），并于1651年由乔瓦尼·里乔利命名。它属于前雨海纪，形成于38亿~46亿年前。

危海似乎呈现出沿南北方向长的椭圆形，但这是由于透视效应造成的，它南北长450千米，东西长560千米。它虽然不像雨海一样拥有沿着边界的高山，但其轮廓清晰，盆地的底部相对平坦，并且比周围区域更暗。底部3个最大的环形山大小适中，分别为皮卡德（直径33千米）、皮尔斯（直径18千米）和斯威夫特（直径10千米）。在其底部还到处都能够看到已经被完全淹没的“幽灵”环形山的迹象，同时也有一些只跨越几千米大的环形山。

皮卡德是一个最大深度为2.5千米的正常撞击坑，它的峭壁是阶梯状的，底部中央有一个低矮的小山。皮尔斯是碗状的，拥有几个内部山丘，其北面是斯威夫特，它是圆形且非常明显。斯威夫特最初被命名为皮尔斯B，然后是格雷厄姆，直到国际天文联合会给出其现名。

在危海的西部边缘，皮卡德环形山的西侧，有一些有趣的特征。横跨36千米的耶基斯是一个被熔岩淹没的环形山，其峭壁是不连续的，底

部的颜色和反照率都与其附近表面相似。

危海穿过了明显的纹脊，其中几个纹脊已经被命名（例如西部的捷佳耶夫山脊和哈克山脊，他们都超过了150千米长），我发现几乎在所有的太阳照明条件下它们都是可见的。

从东部伸出危海的是阿格鲁姆海角（岬）。就西北方向而言，有一些小火山口由矮脊连接起来；它们似乎是在1935年左右由英国业余天文爱好者罗伯特·巴克第一次提及，并且它们中的4个构成了我称之为“巴克四角形”的图案。我发现它们在能见度方面表现出了令人费解的变化，并且虽然并没有可靠的证据，但在这里已经报道了好几起月球瞬变现象，或许这个区域值得我们去监测。

当你在观测危海时，可以在低矮纹脊的东边寻找孤立的环形山埃克特（北纬17.3度，东经58.3度）。艾克特环形山仅跨越3千米，可能难以捕捉，但是每每当我看到这个迷人的小海洋——我最喜欢的月球区域之一时，我通常会特别留意去搜寻它。

普罗科洛斯环形山

文：帕特里克·摩尔

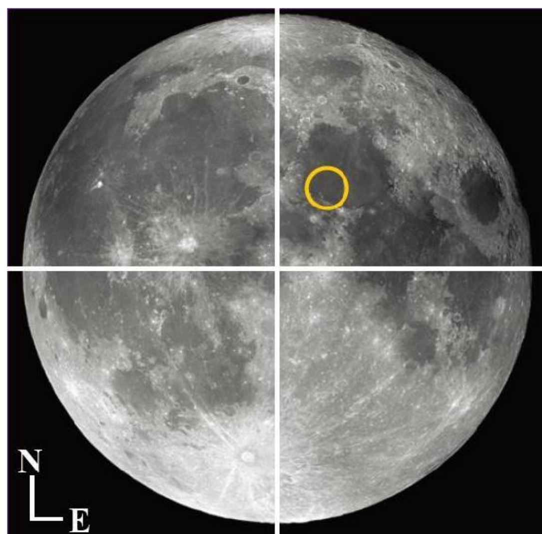
类型：环形山

大小：26.9千米

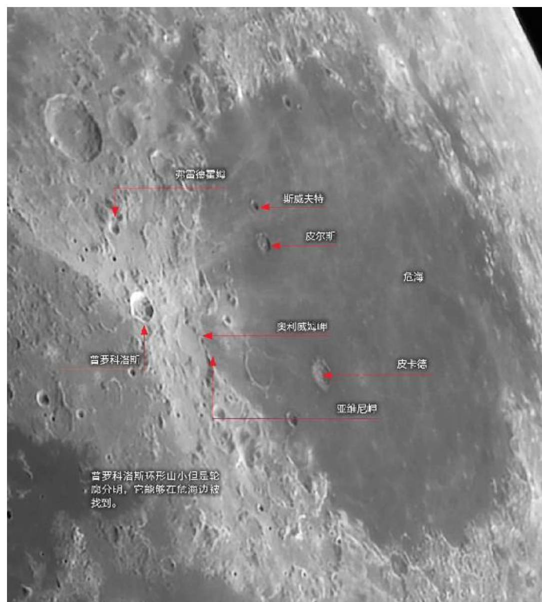
年龄：小于11亿年

位置：北纬16.1度，东经46.8度

推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



普罗科洛斯环形山直径29千米，但深度达5.5千米。无论何时在阳光下，它总是可识别的，部分原因是因为它的亮度，部分原因是因为它的位置。它以雅典哲学家和数学家普罗科洛斯·狄奥多库斯的名字命名。普罗科洛斯环形山位于睡沼，即睡眠沼泽的东端，它有非常锋利的边缘，外壁陡峭而绵延。其中有一座低矮的中央峰，我总是能够发现一个易于用小型天文望远镜观测的物体。

普罗科洛斯环形山是明亮的射线系统的中心，但是与主要的射线系统不同，这一个是不对称的射线系统。东边坐落有一片高地，远处是著名的危海，射线穿过高地，延伸到危海，在高照度下，它们看起来非常突出。普罗科洛斯环形山以西的情况则完全不同，射线延伸一段距离但未进入睡沼，相反睡沼被一束射线从两边束缚着，并且朝向射线的较暗物质的颜色非常不同寻常。很明显，普罗科洛斯环形山射线的形成方式不同于诸如第谷环形山等主要系统。

危海朝向普罗科洛斯环形山的一侧有两个海岬——亚维尼和奥利威姆，它们被两个低矮的弯曲山脊分隔开，并且许多年前一些观测者声称看到一座“桥”，从一个海岬到另一个海岬。当然事实不是这样，这两个海岬一点也不特殊，通往危海和普罗科洛斯的地面更加明亮，并且非常粗糙，没有特别明显的构造。

这有一个环形山，弗雷德霍姆，其横跨13千米，并且形状相当规则。我曾在其中寻找一个中央山峰，但从未找到。普罗科洛斯环形山的

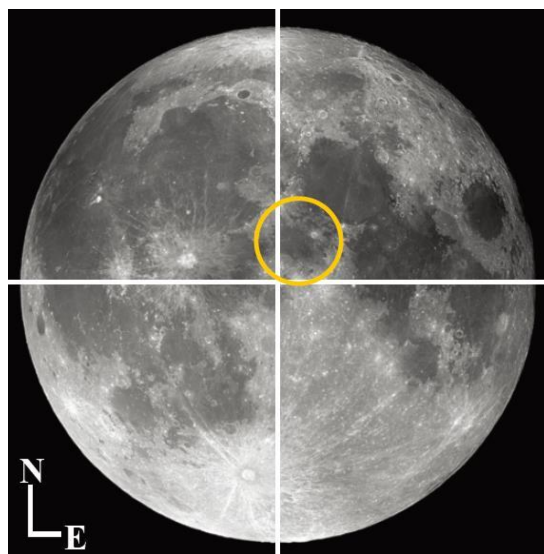
位置意味着它会在新月后不久进入视野，并持续可见直到满月后它不再被阳光照射之前。这个区域在日出日落时分非常值得观测和拍摄。

月球的每一位观测者都能够识别出危海，在朝向地球的一侧，它是唯一与主体分离的特别的“海”，这使它脱颖而出。这个月海上没有很多主要的环形山，只有皮卡德和皮尔斯，以及斯威夫特（之前被称为皮尔斯B）。危海的各处边界都非常易于识别，它的颜色与外部区域明显不同。所有的月球图，甚至是早期的，关于它的描绘都无误。

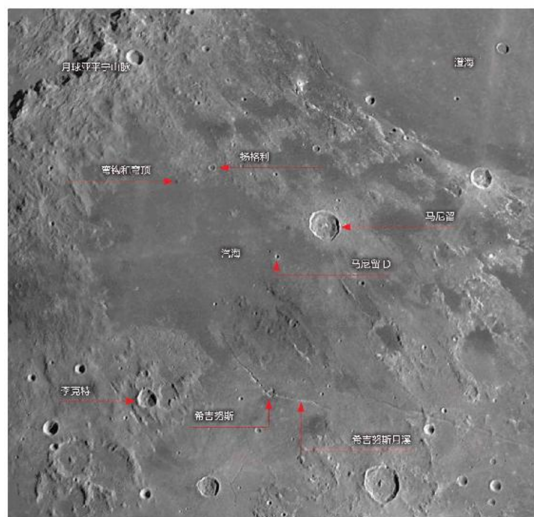
汽海

文：皮特·劳伦斯

类型：月海
大小：330千米×200千米
年龄：39亿~42亿年
位置：北纬13.2度，东经4.1度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



朝向地球的半球中心附近，汽海是非常容易被找到的；它最大的环形山靠近其东海岸，有40千米宽。

汽海是一个相对较小的椭圆形月海，从地球上看位于月面中心略北的位置，在雨海、澄海和静海之间的区域，这使得定位汽海相对容易。

从望远镜中看，覆盖汽海底部的褐色熔岩在西侧流入巨大的亚平宁山脉时显得相当平淡无奇。当太阳处于月球低空时，阴影会沿着汽海底部蔓延并出现许多纹脊，这在西部和南部更加明显。一小块隆起出现在月海的北部中央，并且此处聚集有各种各样的月球穹窿。

该地形群的东边是一个精巧的南北向山脊，从小环形山马尼留D（直径5千米）的西侧经过。一个7千米×11千米的月球熔岩穹窿位于马尼留D环形山的西北处，在斜向照明时最佳可见。

马尼留（直径40千米）环形山是一个位于汽海东海岸附近更大的环形山，它是一个拥有高达2400米锐利边缘的突出环形山，它同时还拥有一个中央山脉。

汽海南部边界的一个缺口会引导你看到神奇的希吉努斯月溪。它看起来是一条裂缝，当穿越10千米的希吉努斯环形山时它似乎改变了方向。这让人联想到了一只鸟在朝向你滑翔，环形山代表了鸟的身体，并且它张开了翅膀。环形山沿着月溪出现，表明火山作用可能参与了该地貌的形成。与希吉努斯环形山北部紧邻的区域比汽海其他地区崎岖得多。希吉努斯环形山西侧可见的最明显特征是略呈三角形的环形山李克

特（直径23千米）。

如果你喜欢挑战，汽海北海岸有一些不同寻常的特征值得用高倍放大望远镜去观测。第一个位于小环形山扬格利（直径9千米）附近，一旦定位到环形山的南面，朝向汽海前行，在这里你会发现一片粗糙的地形。集中精力看看你能否辨认出扬格利月溪的奇特形式，这是一条2千米宽的平行线，看起来好像一条贯穿该区域的东西道路。

扬格利环形山以西大约45千米处是另一个奇特之处。这里是一个黑暗的火山穹顶，坐落在一个小的5千米的圆形环形山边缘的南侧，西部的部分边缘比东部更高更清晰，它们一起被称为“弯钩和穹顶”。

界海

文：帕特里克·摩尔

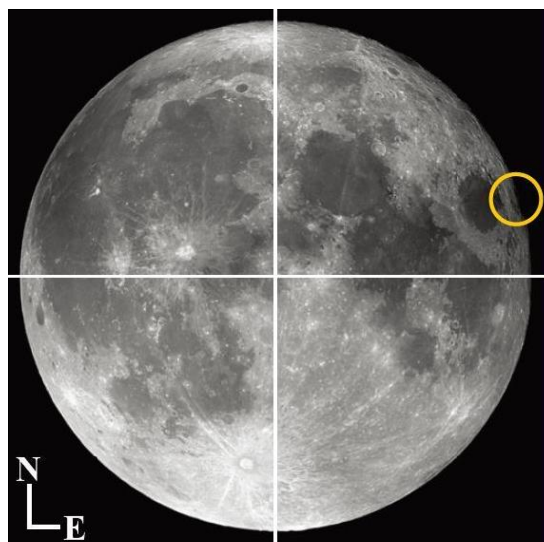
类型：月海

大小：420千米

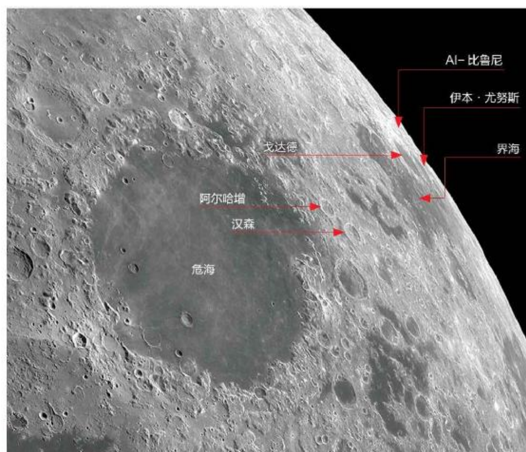
年龄：未知

位置：北纬13度，东经度88度

推荐工具：101.6～152.4毫米（4～6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



界海即边界之海，是一个恰好在月球边缘的微妙之地。

这个月海并不是非常著名，因为它并不是特别容易观测到。界海位于朝向地球的半球边缘，在危海的东侧，因此它被透视效应缩小了。我发现最好的向导是汉森环形山和阿尔哈增环形山，两者直径都在40千米左右，并且形状相当规则；界海位于两者的支脉之间（汉森环形山和界海之间有两个较小的有命名的环形山，即直径10千米的萨巴蒂尔环形山和直径8千米的泰勒环形山）。为了更好地观测该区域，你必须等到天平动的最佳条件，界海距离边缘最大距离时。界海附近有几个不同寻常的特征，不是类似史密斯海这样的边缘海所共有的，它的轮廓明显不规则，并且与质量集中度无关。

它给人相当薄的感觉，所以标志着它有一个相对低洼的高地，这里只有月海熔岩能够到达表面。它底部有一些小特征，一些是圆形的，另一些是椭圆形，这些特征被理解为埋在浅层熔岩里的撞击坑。底部还有一些奇特的“漩涡”，可能与风暴洋底部著名的雷纳伽马漩涡类型相同。

顺便说一句，值得注意的是界海与东方的冲击盆地是相对的，并且有人认为它们可能存在一些联系；当然，整个区域似乎都受到了产生了东方盆地的强大撞击的影响。人们普遍认为这是最后一个大撞击，所以按照月球标准来说，界海可能是非常年轻的——但也有人认为它可能是前酒海纪的。事实上，我们对它的年龄仍不确定。

该地区有一些较大的、被熔岩淹没的环形山，它们的底部位于周围高地的海拔之下——这是另一个表明熔岩侵蚀地表的迹象。更为突出的AI-比鲁尼环形山位于界海的北部，伴随着戈达德环形山位于西北侧，伊

本·尤努斯环形山位于东南侧。底部黑暗的戈达德环形山直径89千米，与界海相邻，但是它被透视效应缩小得如此剧烈，以至于即使在理想的天平动条件下也很难被识别。

很显然，界海是在满月之后首批消失的地形之一，因此早期的月面学家错过了它并不让人感到奇怪。它甚至被比尔和范·马德勒所忽视，因此它的名字更加“现代”。一般来说，人们并不是非常关注它，但是煞费苦心找到这个奇怪的、具有挑战性的边缘月海还是非常值得的。

静海

文：帕特里克·摩尔

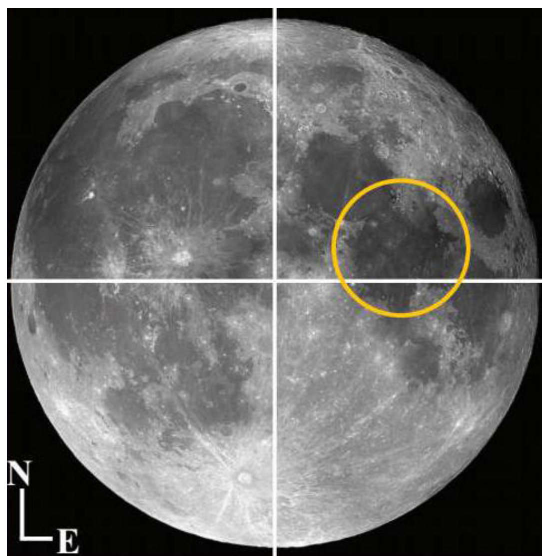
类型：月海

大小：873千米

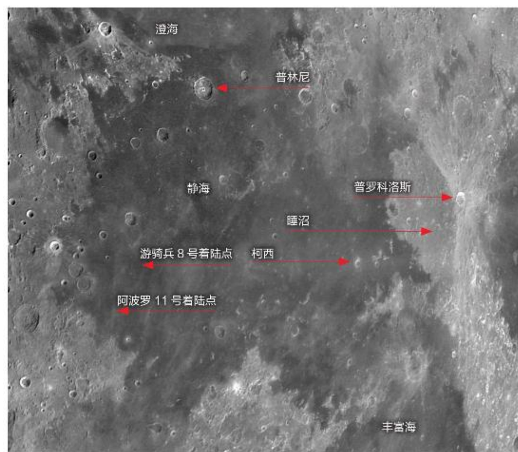
年龄：31亿~38.5亿年

位置：北纬8.5度，东经31.4度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



这个月海就是第一批抵达月球的人，阿波罗11号上的尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林在1969年着陆的地方。有3句来自宇航员的话被人们永久铭记，其中两句来自于尼尔，一句来自于巴兹。第一句来自于尼尔：“鹰已着陆。”第二句也是来自于他，当他走出航天器踏足月球表面时：“这只是个人的一小步，但却是整个人类的一大步。”第三句是巴兹向外看到整个平原时的评论：“壮丽的荒凉。”没有比这更恰当的了。

静海是主要的月海之一，肉眼观测即非常显著，它会在上弦月之前进入视野，直到满月之后仍有部分可见。它的面积与我们的黑海相当，并且界限分明，但是缺少与邻近澄海间规则的山区边界。两者之间，壮观陡峭的普林尼环形山像哨兵般矗立。月海不规则的边界不仅与澄海相关联，还与酒海和丰富海相关联。东北方向，玄武岩从其中流向睡沼（睡眠沼泽），这不会出现错误，因为它有奇特的笔直边界以及不寻常的颜色；异常明亮的普罗科洛斯环形山位于它的远端。普罗科洛斯仅跨越29千米，但它如此的闪耀，以至于无论何时在阳光照耀下它都能够被识别。静海本身具有蓝色色调，这可能是由于其表面材料中金属含量相对较高造成的。

我们关于月球过去历史的知识可能至少是相对准确的。酒海纪从39.2亿年前持续到38.5亿年前，而后进入雨海纪，从38.5亿年前持续到32亿年前；静海所在的古老的静海盆地是前酒海纪的，但静海本身是雨海纪的。后期重轰炸期（译者注：又名月球灾难）时月球被空间碎片连续撞击，这个时期从41亿年前持续到38亿年前，所以静海或多或少逃过一劫。尽管有一些较小的撞击，但它的底部没有主要的撞击坑，值得注

意的是直径13千米的柯西环形山就已经出人意料的显著了。这里还有许多山脊和低丘，以及两条长长的裂谷，其中一条在柯西环形山的两侧。

第一个在静海登陆月球的探测器是1965年的游骑兵8号。为第一次载人任务选择一个登陆地点需要极其谨慎——这个地点必须是雷达可及、没有大型环形山、并且尽可能平坦。静海似乎是极其合适的，而实际的着陆点在北纬0.7度和东经23.5度，该地区被正式命名为静海站，并且有3个小环形山被命名为阿姆斯特朗、奥尔德林和柯林斯。

如果一切顺利，人类将在可预见的未来重返月球。毫无疑问，静海站将会被重新踏足并且成为一个主要的旅游景点。这里会有第一次任务的痕迹，特别是作为发射台的鹰式着陆器的底部；未来的宇航员将会看到它，并且会像许多年前登月先锋们所做的那样，凝视着那“壮丽的荒凉”。

月球真实的颜色

我们的月球不仅仅是天空中的一个银色圆盘，矿物沉淀物赋予了它许多灿烂的色彩。

文：凯文·基尔伯恩



颜色成因

月球色调的不同起因于矿物质的沉积。

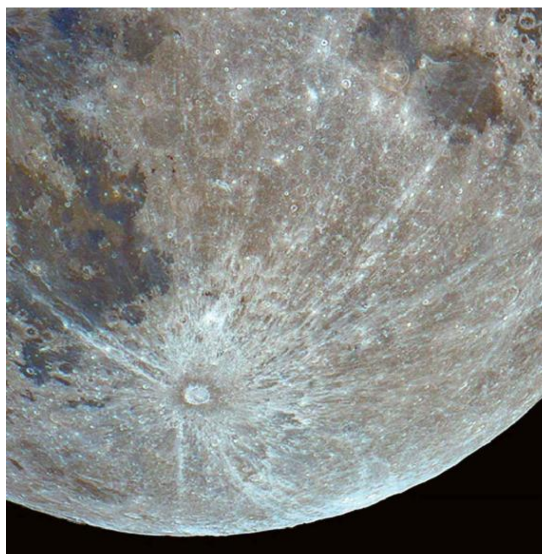


将望远镜对准满月，你能够瞥见它最不易察觉的一面——它的颜色。欣赏月球颜色最好的方式是在你的想象中试着画出它。当你使用目镜时，自己想一想，我将如何描绘我所看到的？白色背景上使用黑色墨水是否真的足以记录阿里斯塔克台地？不，当然不能。更加精细地使用木炭或者铅会更如实地描绘出它灰色的阴影吗——或者你会使用彩色铅笔，也许是奶油色、黄色，甚至是蓝色、棕色和紫色？当你开始思考这些词语时，你将会开始欣赏月球的真实色彩。

有些人会比其他人更容易看到月球表面的颜色——这取决于你对不同颜色的感知能力。但是一旦你识别出月球的颜色，它将会变得更加明显。最引人注目的地方是伍德点，它是一个边长200千米的菱形斑块。它高高的地形位于著名的阿里斯塔克环形山西北方，跨越40千米。即使一台76.2毫米（3英寸）的天文望远镜也能够探测到这里的颜色，使用一台更大的设备和相对更大的放大倍数，阿里斯塔克台地肮脏的黄色（也被称为伍德点）就会真实地出现了。它会与风暴洋中周围更加中性的灰白色和环绕阿里斯塔克环形山的更加明亮、稍显蓝白色的物质形成对比。

澄海是另一个色彩缤纷的区域，使用较低的放大倍数就能够很好地观测。它明亮的中心是明显的暖色调，这是相对于暗淡的东部边缘而言的，东部边缘由蓝色玄武岩组成，是由静海中溢出的。一些人声称靠近

朗格伦环形山的丰富海部分是一片清凉的绿色。然而，熔岩温暖的色调遍布雨海东北部的绝大部分，对许多人而言，更加难以分辨。虽然大多数月海都呈现出一些表面色彩，但是多坑的朝向地球半球的南部却没有色彩，这表明其轰炸形成的景观早于这些更加年轻和多彩的月海10亿年而形成。



月球朝向地球的半球，南部的颜色不像北部那样丰富多彩。

测光的乐趣

在近一个世纪的大部分时间里，月球的颜色对专业的月球科学家来说都是非常有用的。自1910年以来，科学家们用校准的颜色滤光片来研究测量月球的表面亮度——这种技术被称为多色测光。他们也会比较使用滤光片的单色照片，这些照片显示了使用不同滤光片造成的月球表面相对亮度的差异。

1929年，美国天文学家WH.莱特在位于加利福尼亚州的里克天文台使用1524毫米（60英寸）的克罗斯利反射望远镜，在紫外和红外波段拍摄了月球的主焦点照片。这些照片中，紫外波段下偏红色显示暗弱，而红外波段下较蓝的颜色显示更暗。伍德点显示出非常大的不同：它在紫外波段非常暗，而在红外波段图像中几乎没有出现。他发现下一个最显著的颜色差异出现在靠近虹湾的雨海部分，在那里，红外波段图像“显示出一个黑暗的标记，不规则地蔓延到月海底部，并朝向虹湾分叉”。

虽然莱特的观测并没有传达出月亮真实看起来的颜色，但他的技术使得科学家能够比较不同波长下月海岩石反照率与地球火山区的岩石样本反照率的不同。在实际获得采样样本数十年之前，这个工作就确定了月海岩石与陆地玄武岩和熔岩形似。

在20世纪50年代，洛杉矶格里菲斯天文台台长迪恩斯莫尔·奥尔特拍摄的单色照片也被用于分离色差，他使用蓝色和红外波段滤光片——他将一个波段获得的负片与另一个波段获得的正片相叠加。这样，奥尔特能够区分阴影中非常细微的变化。

在20世纪70年代初，阿波罗时代到来，从月球取回的月表样本能够作为“月球地面真实”的材料与地球岩石相对比。这些研究分析了矿物质含量和岩石的光谱信号——不同颜色下的反射光强度——以便更好地了解月球的化学组成。

用于月球颜色研究的方法带来了回报，后来被用在轨运行的阿波罗号航天器的多光谱、远程探测上。而后克莱芒蒂娜月球探测任务和伽利略探测任务也都对月球进行了颜色观测，后者在前往木星的途中，研究了伴随大约30亿年前主要月海盆地火山爆发而形成的月球陨石坑的相对年龄分布和地层。

对于业余观测者来说，月球的颜色似乎总是处于或者低于可视探测的阈值，这就是为什么大多数月球图都是单色的。1948年法国天文学家卢西恩·鲁达乌斯为《天文学百科全书》的法语原版创作了唯一有色的月球图。

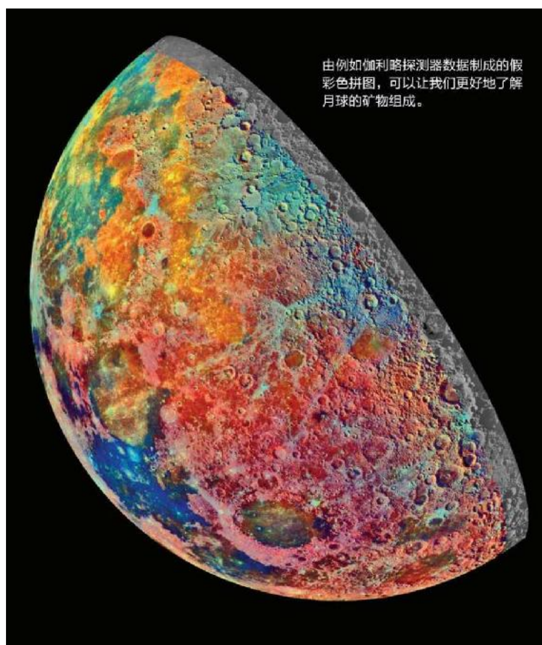
这表明任何有能力的观测者都可以在过去70多年里的任何时间观测研究月球的颜色，但是很少有人记录下来。1940年，英国观测者罗伯特·巴克在《大众天文学》杂志上发表了一篇名为《柏拉图的收获》的文章，文中刊载有大量的彩色参考文献；除此之外，最佳的彩色观测资料来源于英国天文协会在BAA杂志上发表的月球部分报告。

伍德点



1910年，马里兰州约翰霍普金斯大学的物理学家罗伯特·伍德教授描述了阿里斯塔克台地——后来被称为“伍德点”，一个2千米高、横跨200千米的抬高的区域。他还观测到这里是紫外波段月面上最暗的区域，并且认为该地区显示出了硫沉积的迹象。

从视觉上来看，伍德点呈现出明显的黄褐色，其中一个原因可能是与它旁边的阿里斯塔克环形山形成了鲜明的对比。2005年，哈勃高性能相机在可见光和紫外波段对阿里斯塔克地区进行了成像观测。当与阿波罗15号和17号返回的已知化学成分的土壤样本测光数据对比时，我们发现环形山土壤中含有高浓度的玻璃，同时也发现它含有钛铁矿，一种二氧化钛矿物，这可能是它呈现蓝色的原因。



由例如伽利略探测器数据制成的假彩色拼图，可以让我们更好地了解月球的矿物组成。

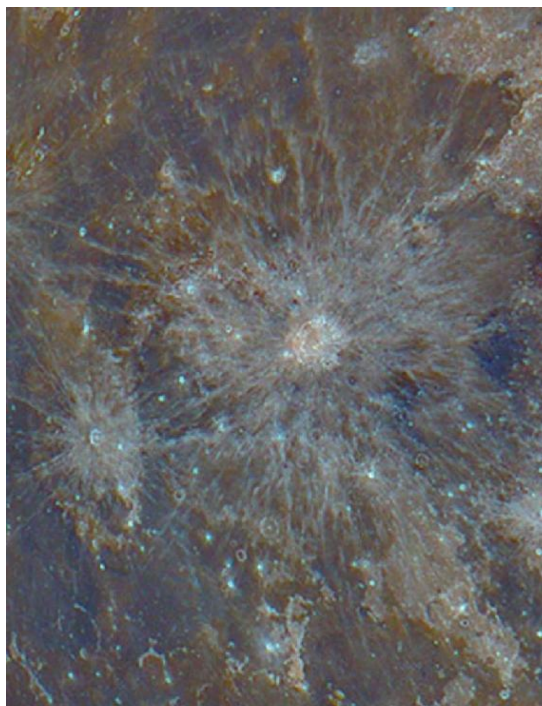
数字彩色图

20世纪50年代和60年代的两本书——VA.弗斯夫的《奇怪的月球世界》和吉尔伯特·菲尔德的《月球地质学》提到了颜色。曼彻斯特天文学家菲尔德在法国比利牛斯山脉的南峰天文台开展研究，这是NASA阿波罗登月计划前期研究项目的一部分。大多数当代月球书籍中从未提及过颜色，因为这是一个挑战。

但是，现在我们有了新的工具：数字摄影，它很容易显示出月亮的颜色。与传统的摄影不同，月球数字图像会包含有更多的信息，这些信息很容易通过图像处理软件提取到。利用望远镜获得的任何正常的、对焦良好的满月图片都能够经过处理显示其色彩，无论是整个月面还是月球特定区域的特写，都是如此。



卢西恩·鲁达乌斯的插图显示了月球颜色的细微变化。



哥白尼和开普勒撞击区域显示出复杂的、多层的地层学结构。

色彩可以揭示很多关于月球地层、岩石层的信息。你可以从撞击坑喷射出的覆盖层，以及它们与更年老的特征和更年轻的特征并列的方式，从而获得月球的历史信息。雨海具有多层的结构，有红色熔岩流和被淹没的火山口，而风暴洋表面则是由哥白尼、开普勒和阿里斯塔克造成的复杂覆盖层，这提供了一个有关月球轰炸的非常详细的描述。

深蓝色的玄武岩池清楚地展现在风暴洋的复杂表面内，并且在阿里斯塔克台地周围有明显的蓝色。NASA远程图像分析表明，这可能是由于新近撞击的地表下富含钛，而更老的、阳光侵蚀区域与周围地表玄武岩也形成了鲜明对比。与这些蓝色玄武岩形成鲜明对比的是雨海平原上红色、富铁的熔岩流，而阿里斯塔克台地的黄褐色则暗示着其覆盖着橙色玻璃，这可能来源于雨海纪时期的火山碎屑。

月表观测：东南象限

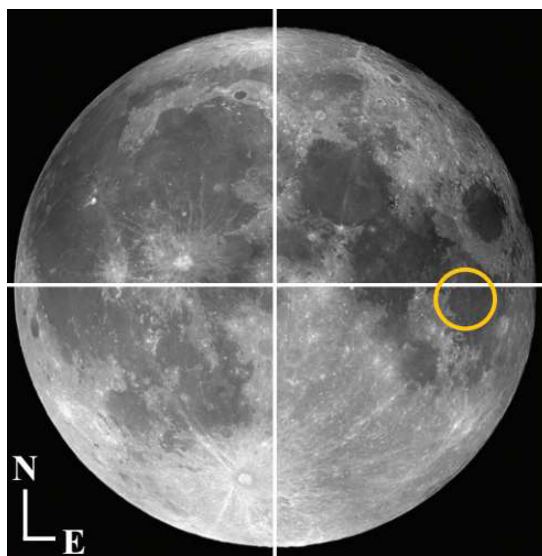
我们现在把目光转移到更加多坑的东南部，在那里你会发现一个曾被认为是山峰的悬崖，壮观的环形山链和梅西耶的“彗星”。



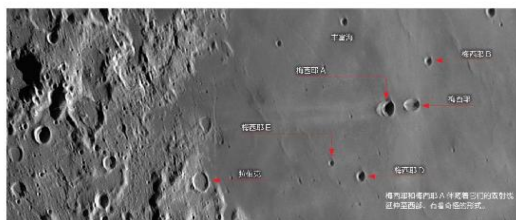
梅西耶环形山&梅西耶A环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：9千米和13千米
年龄：数亿年
位置：南纬1.9度，东经47.6度
推荐工具：152.4毫米（6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



这一对儿环形山可能很小，但它们非常有趣。梅西耶和梅西耶A位于丰富海（肥沃之海），恰好在朗格伦环形山的西北部，因此它们可以

在月相早期阶段进入视野并持续被阳光照射直到满月之后。

尽管它们很小，但它们非常易于识别，部分是因为它们不寻常的特征，而部分是因为它们附近没有其他显著的结构。它们以法国天文学家查尔斯·梅西耶的名字命名，这位彗星猎人因其编目星团和星云而被铭记。

梅西耶A最初是以美国月球和行星观测者威廉·H.皮克林的名字命名的，但由于某种不明原因，他的名字被国际天文联合会的月球委员会删除了。多年来我一直是该委员会的成员，但删除皮克林名字的决定早在我担任委员之前已经做出。

绘制了第一张月球图的德国观测者威廉姆·比尔和约翰·马德勒，在1830年至1838年间绘制了上百张这对儿环形山的图，并且将它们描述为完全相同——事实上的同卵双胞胎。事实当然并非如此，梅西耶A明显比较大（13千米×11千米，对比于9千米×11千米），并且两者形状不同，梅西耶是椭圆形的，而梅西耶A更加不规则而且更深。

不可避免地有人会指出自1939年比尔和马德勒发布月球图以来这里发生了变化，但必须记住的是他们仅使用了小型望远镜（马德勒私人天文台的折射望远镜），并且这一对儿环形山的外观会逐夜显著变化。

有几次我使用一台与马德勒望远镜尺寸大致相当的、我自己的101.6毫米（4英寸）折射望远镜，在整个月相周期的每个可见夜晚都描绘该双胞胎环形山。有时候它们看起来很像，但更多时候它们不同，这一切都取决于太阳照射的角度。而详细的图像由在轨航天器获得，并且科学家也确认了那里没有发生过近代的活动。

这对儿双胞胎环形山属于哥白尼时期，并且尽管按照月球标准它们还很年轻，但仍旧是在数亿年前形成的。梅西耶可能是由一颗小行星以低角度撞击形成的，而梅西耶A可能是撞击物反弹的结果，或者也可能是两个天体同时撞击的结果，观点不同而已。

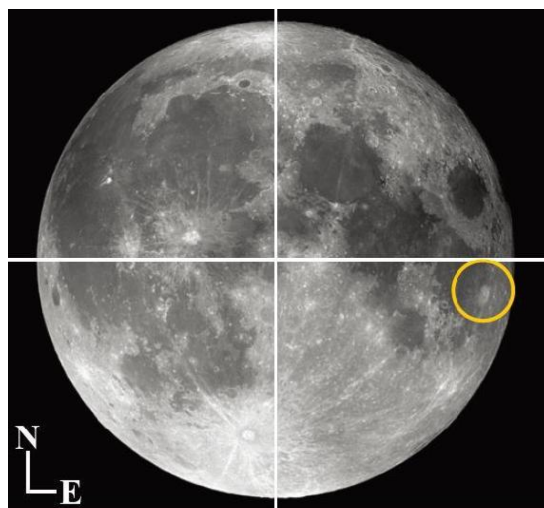
一对儿奇怪的双射线从梅西耶A的边缘向西延伸，穿过丰富海并跨越100千米，然后结束在14千米宽的拉伯克环形山不远处。由于显而易见的原因，这条射线被命名为“彗星”，在月球其他任何地方都未见有类似的结构。在丰富海上这对儿环形山所在区域还有几座卫星环形山，但都是小而浅的。最大的梅西耶D和梅西耶E位于该对儿环形山南部；梅西耶D直径为8千米，梅西耶E仅5千米。西北侧有一条长而精致的小溪，被正式命名为梅西耶月溪。

如果你想进行一系列引人入胜的观测，我建议你使用一台望远镜——即使是小型望远镜，例如76.2毫米（3英寸）的折射望远镜——并遵循我在每个可能的晚上来描绘梅西耶环形山的计划。我想你会对结果产生兴趣，就像我在70年前尝试过的那样。

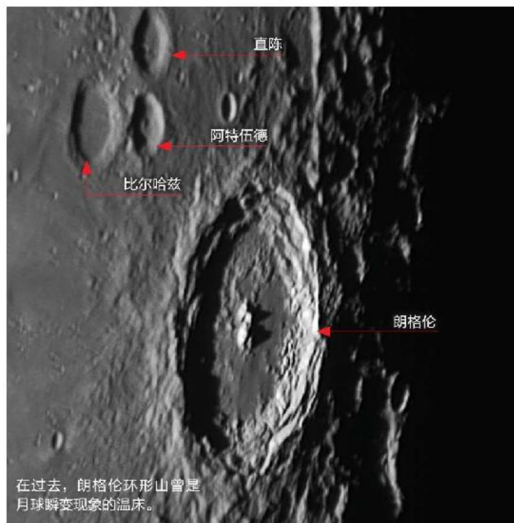
朗格伦环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：132千米
年龄：大约8亿年
位置：南纬8.9度，东经60.9度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



在过去，朗格伦环形山曾是月球瞬变现象的温床。

月球上最壮观的环形山之一朗格伦环形山，是大东部山链成员之一，其还包括有文德林努斯环形山和佩塔维斯环形山。朗格伦环形山的命名是为了纪念比利时天文学家米歇尔·佛洛伦特·范·朗格伦，他画出了早期最好的月球图之一。

新月后不久，朗格伦环形山就会进入视野，并且很容易被找到。它位于丰富海的边缘，并且拥有平均20千米宽、超出底部2.5千米高的连续的峭壁。其内壁是阶梯状的，而外墙则是陡峭和不规则的，最高的中央峰至少有1千米高。整个环形山底部都散布着巨石，但是没有月谷。底部的反照率比周围表面高，因此在高照度下，环形山看起来像一块明亮的斑块。南部的文德林努斯环形山与它大小相当，但明显年龄更大，并且拥有较矮的、残破的峭壁。

多年来，月球观测者曾经报告月球表面会偶尔发出辉光，变亮和暗淡，它们被称为月球瞬变现象。一些环形山，例如辉煌的阿里斯塔克环形山，似乎特别受它们的影响。

早期，朗格伦环形山不被认为是月球瞬变现象的易发区域，但是在1992年12月30日，世界行星观测的领导者之一——法国天文学家奥杜安·多尔菲斯在使用位于默东天文台的838.2毫米（33英寸）折射望远镜进行观测时写道："在月球表面，朗格伦环形山的底部记录有发光现象。它们前一天并不存在，3天后，它们的形状和亮度都呈现出相当大的改变。这些光在偏振光中也短暂地呈现出来。它们显然是由于气体从土壤中逃逸出造成的月球表面上方尘埃颗粒悬浮而形成的。月球看起来就像

一个没有完全死亡的天体。”

朗格伦环形山周围有几个著名的环形山编队，特别是在它西北部由之前被称为比尔哈兹、直陈和阿特伍德的小环形山组成的三角形。比尔哈兹是其中最大的，直径43千米。朗格伦和月球边缘之间的区域在最有利的天平动条件下是值得探索的，因为这里有一些非常有趣的构造，其被透视效应明显缩短了，例如拉彼鲁兹，昂斯加律斯和卡斯特纳，但是永远不要忘记朗格伦本身。自从多尔菲斯的观测以来，再也没有关于月球瞬变现象的进一步报告，但是现象一旦发生即可能再次发生。

西奥菲勒斯环形山

文：帕特里克·摩尔

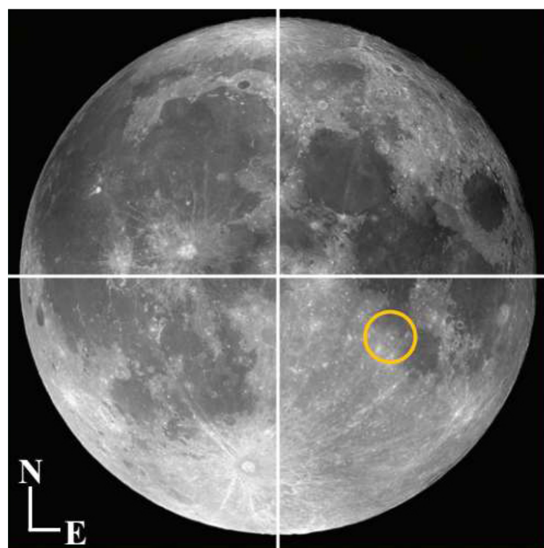
类型：环形山

大小：100千米

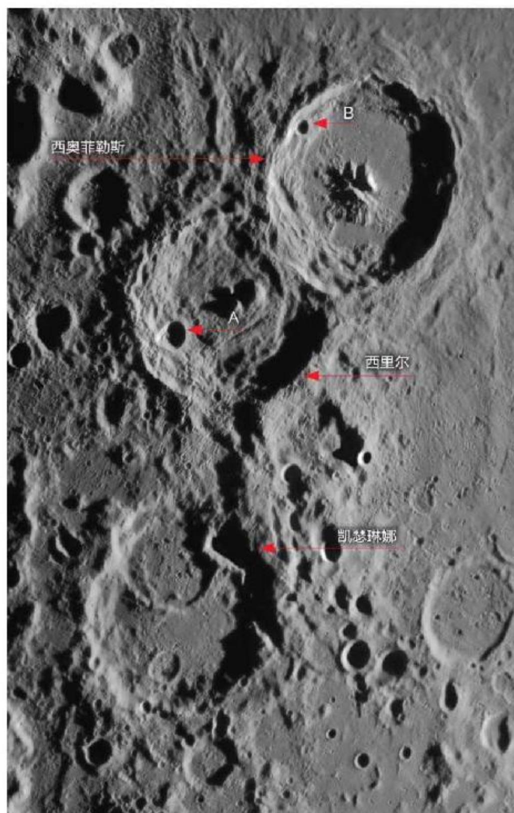
年龄：11亿~32亿年

位置：南纬11.4度，东经2.4度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



西奥菲勒斯环形山一定比临近的西里尔环形山更年轻，因为它侵入了西里尔环形山的边缘。

作为整个月球上最雄伟的环形山之一，西奥菲勒斯在各个方面都与哥白尼相同——除了没有射线系统。它以一位相当凶残的亚历山大教皇西奥菲勒斯的名字命名，他于公元412年去世。

这个100千米宽的环形山是酒海以北、静海以南的3个巨大结构链之一，现在正式被称为狂暴湾。它高耸的阶梯状峭壁使得西奥菲勒斯呈现出非常规则的圆形；其边缘是连续的，高出周围1200米，并且具有一些内部塌方的证据。

其内部仅有一个明显的环形山西奥菲勒斯B，直径为8千米。西奥菲勒斯的底部相对平坦，有一个突出的、复杂的、拥有4个主峰的中央结构，其高出底部最深处2000米。

西奥菲勒斯是在10亿至32亿年前的爱拉托逊纪由巨大的撞击形成的。阿波罗16号的宇航员约翰·杨和查尔斯·杜克带回来的几块玄武岩可

能产生于这一事件。爱拉托逊纪是月球历史上最活跃的时期之一，我们现在看到的许多壮观的环形山都是形成于那个时代。

西奥菲勒斯侵入了98千米宽的西里尔环形山的东北边缘，因此西里尔年龄稍微老一些，其峭壁保持了完整形态直到交汇点。以教皇西奥菲勒斯的侄子和继承者的名字命名的西里尔环形山的底部低于西奥菲勒斯，其间有一个中等的中央山丘和一个突出的火山口西里尔A，直径17千米。三重奏（3个巨大结构链）的第三位成员是104千米宽的凯瑟琳娜。它年龄很老，拥有相对较低和不规则的峭壁，其底部有一个弯曲的山脊，但没有中央峰。

西奥菲勒斯三重奏在朔望月的相对早期进入视野，并且直到满月后仍可见。它总是很容易被找到，是月球摄影师最喜欢的目标。当太阳升起或落下时观测它，你会发现那里的景色非常壮观，月球上没有其他地方有类似于它的景色。

酒海

文：皮特·劳伦斯

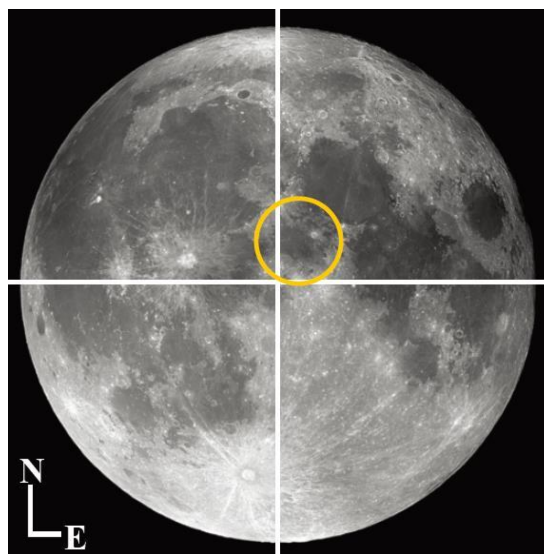
类型：月海

大小：360千米

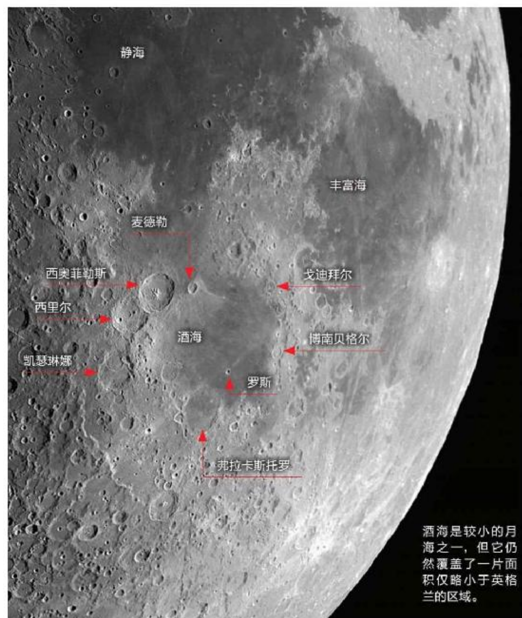
年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：南纬15.0度，东经35.0度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



酒海是较小的月海之一，但它仍然覆盖了一片面积仅略小于英格兰的区域。

酒海是一个位于静海以南、丰富海以西的盆地。它360千米宽的直径大约相当于伦敦到肯达尔之间的直线距离，同时它10.1万平方千米的面积仅仅略小于整个英格兰的面积。

它的底部大部分是平的，并且布满小坑洞，一条来自独特的88千米宽的第谷环形山的明亮射线倾泻而下掠过它，形成一条明亮的条纹，从西南方向一直延伸到东北方向。第谷环形山位于酒海西南1400千米处。尽管被一些令人惊叹的特征包围着，但在它的边界内发现的最大的显著的环形山是碗状的罗斯，这个12千米宽的特征很容易被一台101.6毫米（4英寸）的望远镜发现。

靠近北岸是较大的（48千米宽）但是不那么显著的达盖尔，它已经被酒海熔岩淹没，并且现在被归类为幽灵环形山。当光线倾斜时，这样的特征最易被观测，这种情况发生在晨昏圈附近。在直接照射下，达盖尔几乎会从视野中消失。

位于达盖尔西部靠近西北岸的是30千米宽的麦德勒，这是一个独特的环形山，它拥有阶梯状的峭壁，并且使用小望远镜即可很容易看到。在高亮度下可以看到一条从北向南延伸的凸起的中央脊。

麦德勒位于104千米宽的拥有丰富细节的著名环形山西奥菲勒斯以东。它是围绕着酒海西部边界的3个大型环形山的最北端的那个；中间的环形山是98千米宽的西里尔；南端的标志是被侵蚀的、104千米宽的

凯瑟琳娜。

月海的南部边界被128千米宽的、被熔岩所淹没的弗拉卡斯托罗环形山截断。它的北部边界几乎消失了，只有当位于晨昏圈附近时才能看到崎岖不平的地形区域。因此，它看起来就像是月海的平滑延伸。

东部边界由34千米宽的博南贝格尔环形山和大小近似（30千米）的博南贝格尔A环形山所标记。当光线倾斜时，可以看到博南贝格尔环形山西部有一条与月海同心的褶皱脊。一个小望远镜即可揭示一条260千米长将酒海和丰富海区分开的山脉，该区域西北部有一个34千米宽的戈迪拜尔环形山。

文德林努斯环形山

文：帕特里克·摩尔

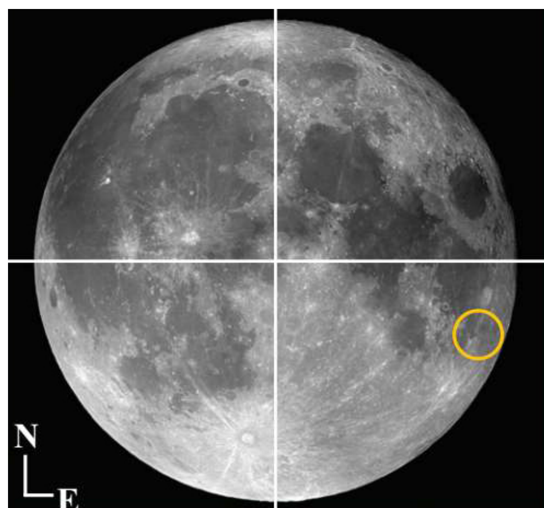
类型：环形山

大小：147千米

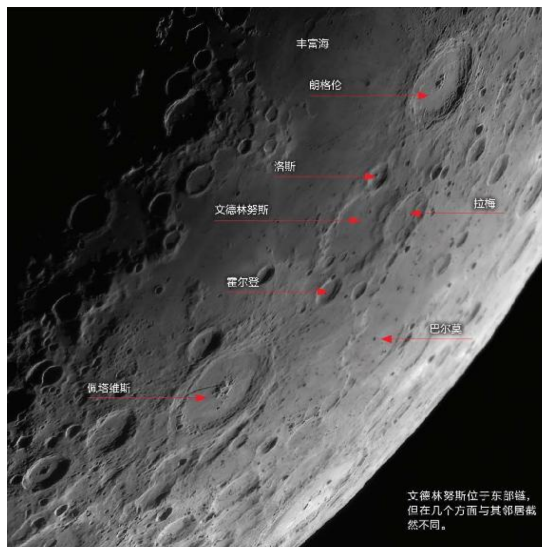
年龄：39亿~45亿年

位置：南纬16.3度，东经61.8度

推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



文德林努斯是东部环形山链的一部分，其他著名的成员是朗格伦环形山和佩塔维斯环形山，它的名字是为了纪念比利时天文学家戈德弗鲁瓦·文德林。文德林努斯位于佩塔维斯和朗格伦之间，位于丰富海的边缘。它在新月之后会很快进入视野，并在满月后不久消失在月夜。

这3个东部链成员并不相同，尽管它们大小相似。佩塔维斯和朗格伦都是有规则的、拥有峭壁的，而文德林努斯已退化，因此看起来较另外两个环形山更老。它的峭壁扭曲，比其他两个环形山更加不规则。在它的东北方向被直径72千米宽的拉梅环形山侵入。

文德林努斯的底部总体是平滑的，并没有像东部链的另外两个主要成员那样有中央峰的痕迹。然而，其间有几个非常明显的陨石坑。它似乎缺少微小陨石坑，我曾试图搜索它们但没有成功。显然，其底部在相当晚的时期被淹没过，并且已经冲走了中央山区留下的任何东西——如果确实曾经存在的话。

一个拥有中央峰的较小环形山洛斯从西北方向入侵，而其南部则是霍尔登，直径40千米，并且非常深。

文德林努斯的位置离月球边缘不远，这意味着只能在相当倾斜的照射下才能看到它。在其东南方向有一个巨大的结构，巴尔莫，其直径不比文德林努斯小，但拥有非常简洁的峭壁和光滑的底部。进一步朝向月球边缘是其他一些发育良好的环形山，其中最显著的是贝姆和吉布斯。我们只能在月球演化的早期推测这个区域的外观。

当太阳升起或落山时，文德林努斯及其同伴会形成一幅宏伟的图

画，但是在满月附近它们却很难被识别，尽管它们位于丰富海海岸边的位置总是可以被找到。

所有的早期月球图上都描绘有这3个环形山。1992年，法国天文学家奥杜安·多尔菲斯观测到朗格伦环形山内部的活动，但在此之前或者之后，东部链的3个大环形山均没有任何其他的记录。随着日出掠过文德林努斯的过程中，不需要大口径的望远镜，我们就可以看到它边缘上的各种小构造是如何进入视野的，这个过程非常令人愉悦。

凯瑟琳娜环形山

文：帕特里克·摩尔

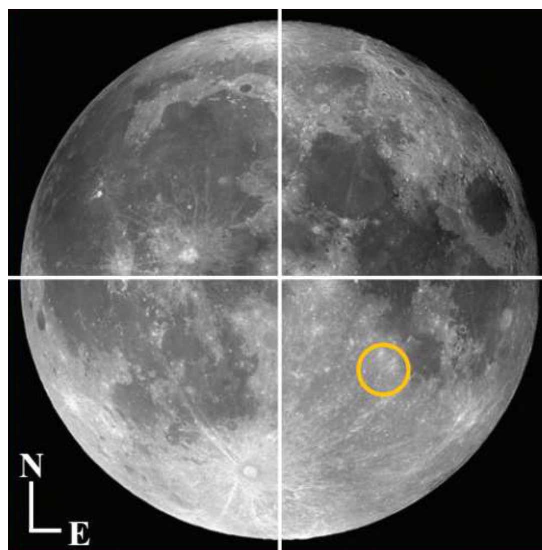
类型：环形山

大小：100千米

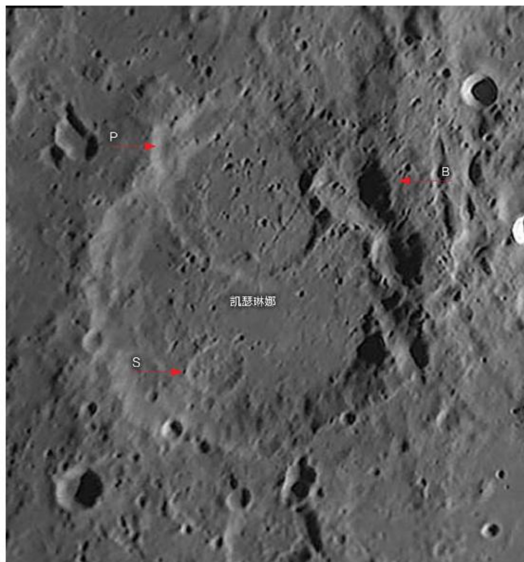
年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：南纬18.0度，东经23.6度

推荐工具：口径101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



凯瑟琳娜是月球表面上一个令人印象深刻的环形山链中最古老的那个。

凯瑟琳娜是以亚历山大的圣凯瑟琳的名字命名的，是环形山短链中最南端和最古老的成员，其余成员是西奥菲勒斯和西里尔。西奥菲勒斯拥有高耸的阶梯状峭壁和高大的中央峰，是月球上最壮观的环形山之一，其在任何光照条件下均可辨认识别。它已经侵入了西里尔环形山，这个环形山显然更老，尺寸相似，并且保留着一个低矮的中央山丘。更加古老的凯瑟琳娜环形山通过高而粗糙的地表与西里尔相连，尽管两个环形山并不重叠。

凯瑟琳娜的整个边缘都是破损和不规则的，其峭壁没有阶梯，但或多或少都是连续的，除了被一个直径为46千米的大环形山凯瑟琳娜P所打破的东北部之外。凯瑟琳娜P很好地侵入了凯瑟琳娜环形山，并与之毗邻，在凯瑟琳娜的峭壁上是另一个大的卫星撞击坑凯瑟琳娜B，其直径24千米。

凯瑟琳娜的底部部分被卫星环形山P和S所占领，崎岖不平。据推测，其间曾经有一个中央峰，但我现在找不到任何关于它的痕迹，并且外围的壁垒也不再存在。尽管如此，它还是增强了西奥菲勒斯三重奏的美感；在月球上再没有类似的景观，它从新月后不久直到满月后的一段时间内都可以跟踪观测。

其东部靠近酒海的边缘，而西边则是我们曾经称之为阿尔泰山脉的地方，现在被称为阿尔泰峭壁——阿尔泰悬崖。这个特征更加确切地体

现了悬崖的本质，而非山脉；它几乎有500千米长，是酒海环状系统的一部分。其东部平均海拔1829米，但仅略高于西部的一般水平。波利比乌斯是一个结构完好的环形山，宽32千米，位于凯瑟琳娜的西南。凯瑟琳娜东北部的塔西陀，直径40千米，呈多边形，位于凯瑟琳娜和64千米宽的艾布·菲达环形山之间。

当太阳低于其时，整个区域显得格外壮观。请在太阳刚刚升起或者落下时描绘或者拍摄它。尽管西奥菲勒斯一直占据主导地位，但不要忽视三重奏的其他成员。精致的、完好无损的西奥菲勒斯和古老的、残破的凯瑟琳娜之间有着惊人而鲜明的对比。

阿尔泰峭壁

文：帕特里克·摩尔

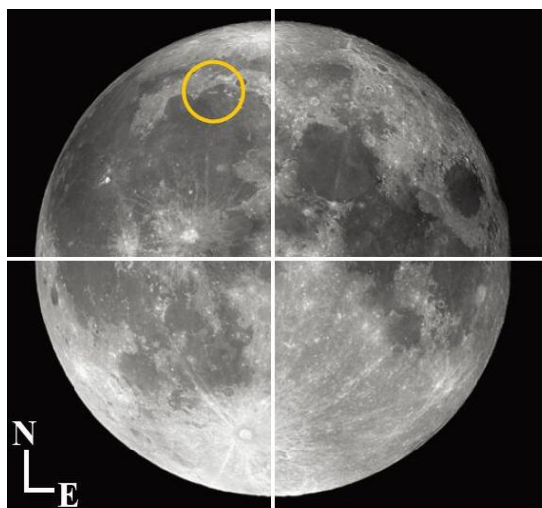
类型：峭壁

大小：480千米

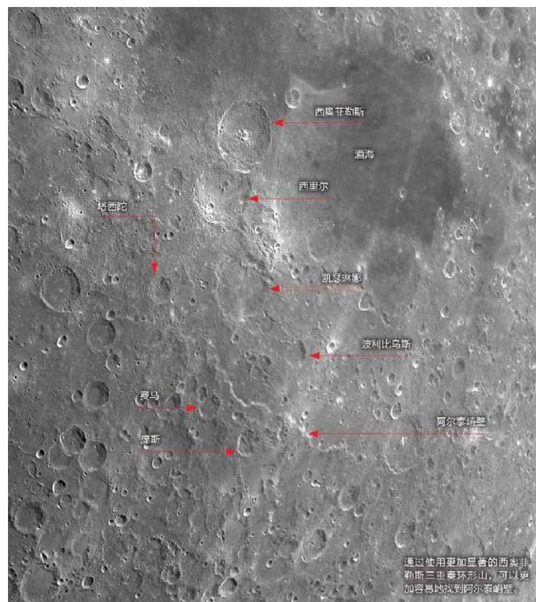
年龄：39.2亿~45.5亿年

位置：南经23.0度，东纬24.0度

推荐工具：口径101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



通过使用更加显著的西奥菲勒斯三重奏环形山，可以更加容易地找到阿尔泰峭壁。

阿尔泰峭壁在许多早期的月球图上被标记为阿尔泰山脉。从该区域的总体视角来看，这个峭壁确实看起来是多山的，从表面上看，尤其是其投下阴影时，它确实看起来像一个山脉，但它实际上是酒海环状系统的一部分。事实上，酒海本身就是一个被熔岩完全淹没的月球盆地的中心部分，阿尔泰峭壁简单地构成了月海边缘一个轮廓分明的延续。

阿尔泰峭壁开始于凯瑟琳娜环形山附近，这是一个以亚历山大的圣凯瑟琳的名字命名的大型结构，其受到流星体撞击而被严重破坏。凯瑟琳娜是一个著名的环形山三重奏的一个成员，其余两个是西奥菲勒斯和西里尔。阿尔泰峭壁向南延伸越过费马环形山，向北几乎延伸至塔西陀环形山。这个峭壁很容易被找到，因为西奥菲勒斯三重奏环形山很难被错过。通过研究这3个环形山我们可以学到很多东西。西奥菲勒斯本身是最年轻的，因为它侵入了西里尔，而西里尔又侵入了凯瑟琳娜。

位于峭壁北端的背面，你会发现塔西陀，一个显著的、形状良好的环形山，横跨40千米，以著名的罗马历史学家的名字命名。峭壁本身并没有延伸越过塔西陀，虽然在合适的光照下它给人以如此的印象。在西奥菲勒斯三重奏以南的区域，能够在峭壁的一侧寻找到波利比乌斯环形山，在另一侧寻找到费马和庞斯。阿尔泰东部和西部之间的高度差异非常明显。峭壁高过东部地面的一般水平，但仅略高于西边的高度，它相当于1000米高。

研究了峭壁周围环境后，值得注意的是，环顾四周究竟有多少“山

脉”并不是真正的山脉，而是与阿尔泰结构性质相似的峭壁。同样值得注意的是，较小的“月海”中有些只不过是更大月球盆地中的较深部分，这样的情形有很多。

阿尔泰峭壁以南的整个区域都很粗糙，即使按照月球标准也是如此，并且在任何地方都没有平坦的地面。小型或者中型望远镜足以识别西奥菲勒斯三重奏和阿尔泰峭壁本身。

佩塔维斯环形山

文：帕特里克·摩尔

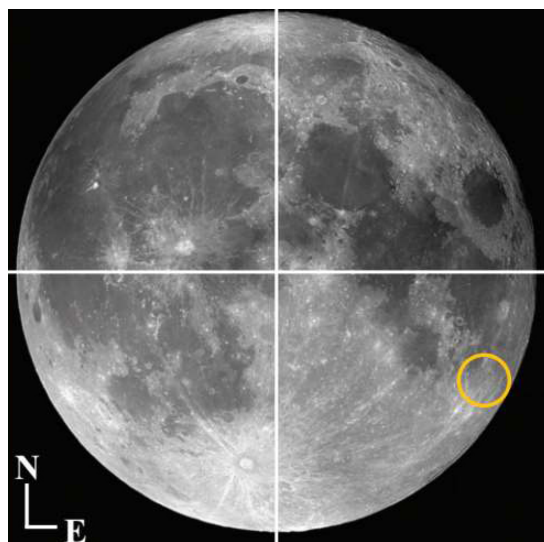
类型：环形山

大小：177千米

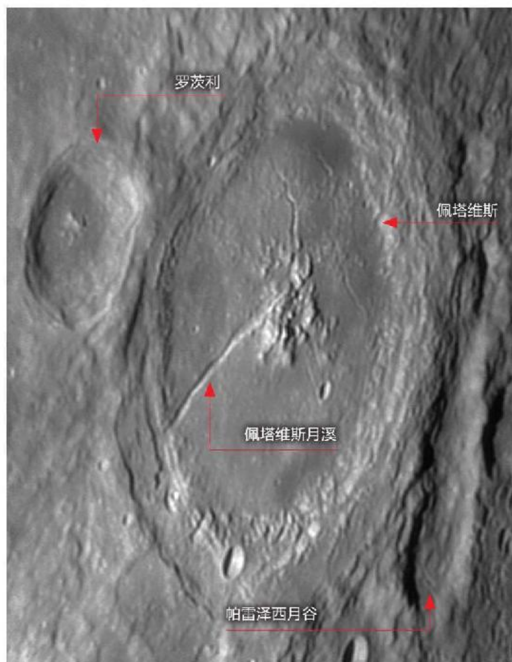
年龄：未知

位置：南纬25.3度，东经60.4度

推荐工具：口径101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



佩塔维斯是一个雄伟的环形山，拥有引人注目的中央群山。

请看月球上最壮观的结构之一，环壁平原佩塔维斯，以相当平凡的法国神学家丹尼斯·佩塔的名字命名。它是丰富海东南部大型结构链的成员，几乎是完美的圆形，但由于距离月球边缘不远，因而通过透视效应它显示为椭圆形。结构链的其他成员是大小相近的朗格伦和文德林努斯环形山。朗格伦环形山相对来说并没有受到什么影响，而文德林努斯却受到后期撞击的严重破坏。

佩塔维斯环形山拥有高而连续的峭壁，在某些地方高出明显凸起的底部3.5千米。我发现最好的观测时刻是新月后3天。在余下的朔望月周期内，阴影以惊人的速度在消退，直到满月之后，佩塔维斯被识别为一个白色的椭圆。在整个区域被月球夜晚吞没之前，它的雄伟之姿又会重新出现了。

佩塔维斯的峭壁非常宽阔，并且任何位置均无破损，尽管形状良好的57千米宽的罗茨利环形山触及到了其西北边缘。峭壁上有相当多的细节，并且沿着南部和西部有一个明显的双环。

环形山的底部已经被熔岩流重新覆盖，并且包含了一个巨大的中央山脉群，峰值高出地面1.7千米。这个拥有多峰的结构是如此的复杂，以至于难以精确描绘——试试成像吧！但是更令人感兴趣的是中央山峰群

岛到内墙之间广阔深邃的月谷。在合适的光照条件下，一台非常小的望远镜即可观测到它。假如你是一个没有什么经验的观测者，也可以很容易地区分佩塔维斯和朗格伦环形山。事实上，它是环形山底部更加复杂月谷系统的一部分，现在被正式称作佩塔维斯月溪。

众所周知，月球瞬变现象往往出现在富含月谷的区域；因此，我不会对佩塔维斯的月球瞬变现象报告感到惊讶。但我对于听到法国天文学家奥杜安·多尔菲斯在朗格伦发现了这一事件感到非常惊讶。我的期望值太高了！

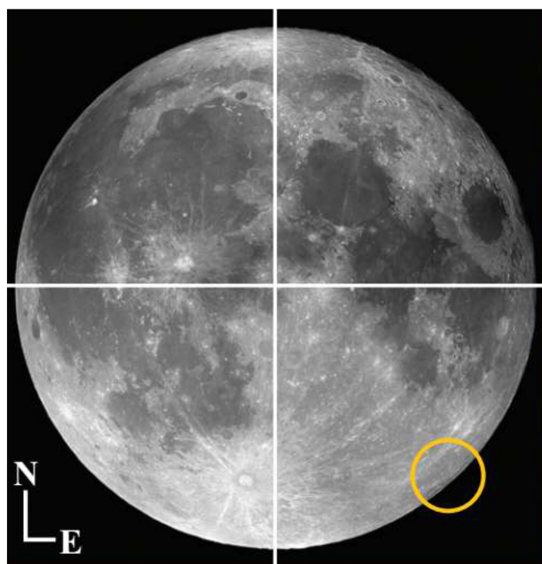
帕雷泽西位于佩塔维斯的东侧，在旧月球图上被列为40千米宽的环形山。我并不确定究竟是谁第一个意识到它其实是佩塔维斯东侧边缘外跨越100千米的一条月谷的南端。1935年，我确实发现了，但毫无疑问它的本质在更早的时候就已经被重视。它现在被证实命名为帕雷泽西月谷，与它相连的是83千米宽、被严重破坏的哈斯环形山，其给人以它是帕雷泽西月谷一部分的印象。佩塔维斯有许多卫星环形山，其中最大的是佩塔维斯B，直径33千米，是短射线系统的中心。

总而言之，这是一块迷人的区域，请在下一个新月之后密切关注它。

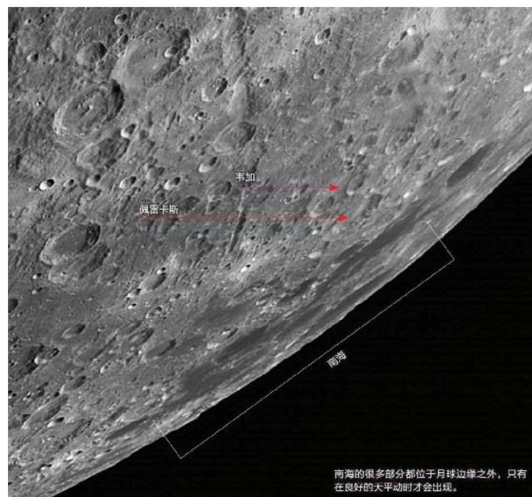
南海

文：帕特里克·摩尔

类型：月海
大小：612千米
年龄：39亿~45亿年
位置：南纬40.4度，东经94.5度
推荐工具：口径101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



南海的很多部分都位于月球边缘之外，只有在良好的天平动时才会出现。

南海是一个不规则的月海，与危海等其他明确定义的月海截然不同，最好在满月之后立即观测它，此时它位于晨昏圈上。

尽管它延伸到了月球背面，并且它的一部分在农历月中段时间内是不可见的，但它仍然出现在了大多数的早期月球图上。无论如何，从地球上看，它总是被透视效应明显缩小以至于很难看清楚，在太空探测时代来临之前，它是无法被充分探索的。的确，当他们发回第一张月球背面照片时，很明显没有危海这种类型的月海。

圆圈内，在南海和雷依泰之间的区域有各种各样环壁平原，韦加即是其中之一。南海的形状大致呈圆形，直径约600千米。它的总面积约为15万平方千米，许多地方都被陨石坑和平原所覆盖。由此我们可以确定，即使按照月球的标准来衡量，南海也是非常古老的。南海盆地似乎是在前酒海纪形成的，而其内部物质则是在上雨海纪形成的。

定位这个月海最佳的方式是找到韦加和其毗邻的佩雷卡斯环形山。它比这些构造更加偏向月球边缘。月海的东半部位于月球的背面，尽管在有利的天平动条件下可以观测到整个月海。

在月球进化的早期阶段，南海可能相当显著。它包含有各种各样虽然并不相连但都被熔岩所淹没的陨石坑，这证明洪流来自于其下方。这里并没有一个更老的盆地存在的明显迹象。

满月之后不久就能够看到南海，但是即便如此，观测它的机会也是非常有限的。当太阳在该区域升起时，细节往往会丢失，并且构成海洋的板块不够大也不够完好，以至于难以识别。然而，在其第一次进入视

野之后连续几个晚上观测它是非常有趣的，试试看你能找到多少细节。

在南海底部的陨石坑中，兰姆是最大的。它的形状或多或少是圆形的，而且没有被任何明显的小陨石坑所覆盖，其内部已经被玄武岩熔岩重新铺设过。与其毗邻的是另一个陨石坑詹纳，它很规则，并且在有利的观测条件下很容易被找到。

施泰因海尔环形山&瓦特环形山

文：帕特里克·摩尔

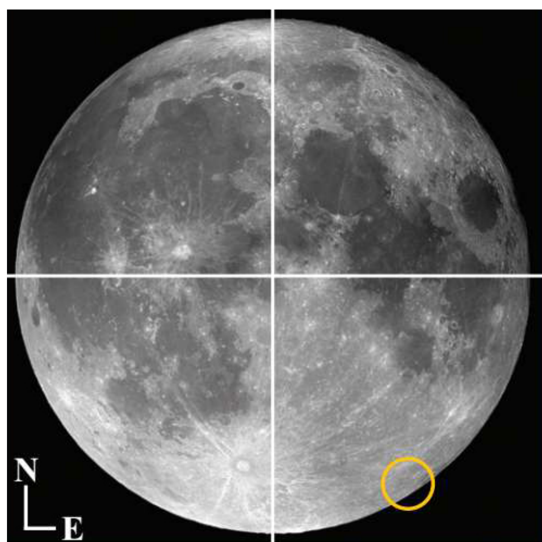
类型：环形山

大小：26千米和25千米

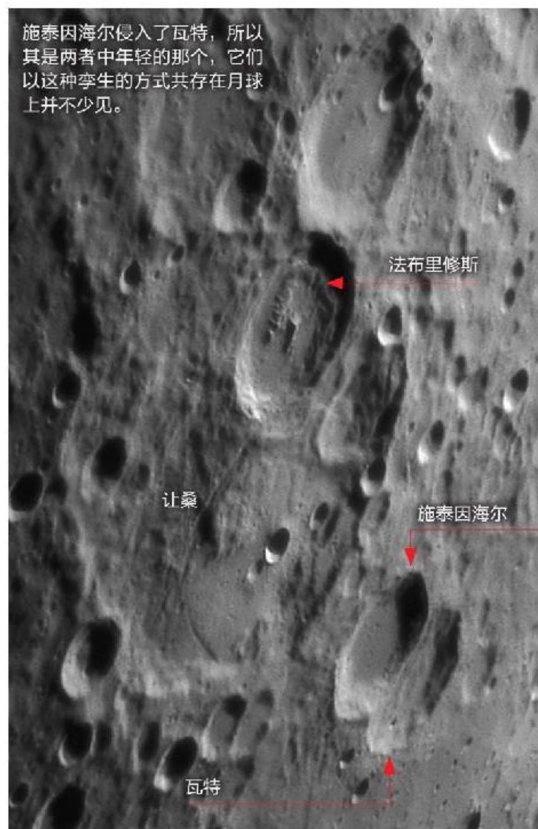
年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：施泰因海尔在南纬48.6度，东经46.5度；瓦特在南纬49.5度，东经48.6度

推荐工具：口径152.4~203.2毫米（6~8英寸）天文望远镜



在哪里找到它



这对儿环形山并不难被发现，因为除了在高照度之外，它们是非常独特的。它们位于拥有巨大的破损围墙的让桑平原和月球边缘之间，所以它们在新月后不久就会很快进入视野，并且在满月后不久消失。施泰因海尔环形山是以德国天文学家和物理学家卡尔·奥古斯冯·施泰因海尔的名字命名的，瓦特的名字是以发明了蒸汽机的苏格兰工程师詹姆斯·瓦特的名字命名的。

由于施泰因海尔侵入了瓦特，因此它必然是二者中较年轻的——虽然年轻得不多。两者都可以追溯到所谓的酒海纪时期，在38.5亿~39.2亿年前。虽然因为距离月球边缘不远而看起来呈现椭圆形，但二者基本上都是圆形的，它们很容易被识别，在其西北方向有一个巨大的、部分被破坏的让桑平原。

施泰因海尔拥有连续的峭壁，其西侧部分高出底部3350米，仅比外部景观高出一点。沿着其边缘和内壁有一些小小的坑洞，在东北边缘内侧底部有一个较大的坑洞。根据月球的标准，其底部本身是平坦的；有

一些小坑洞，但没有中央峰的迹象。

瓦特是相似的，尽快其西北部1/3的边缘已经被施泰因海尔侵入覆盖，而其余的边缘似乎是锯齿状的。其底部有一些小型的坑洞，还有一些精巧的山脊和一些施泰因海尔的喷射物。

孪生现象在月球上并不少见。格里马尔迪区域的西萨利斯和西萨利斯A成对儿，与施泰因海尔和瓦特属同一类型，尽管它是以靠近一个著名的月谷而闻名的。在遥远的北方有另一对儿双胞胎，查理斯和迈因。还有一些没有连在一起的三重奏结构，例如阿基米德组，以及一些环壁平原组，特别是托勒密、阿方索和阿尔扎赫尔，当然还有巨大的结构链，例如佩塔维斯和文德林努斯。在更小一些的尺度上，还有雨海中成对比的比尔和费里利。

事实上，月球结构的分布非常随机，这也是许多月球观测者相信它们起源自火山的原因之一——包括我在内。我不得不承认，只有当证据支持其他理论呈压倒性优势时，我才会改变主意。

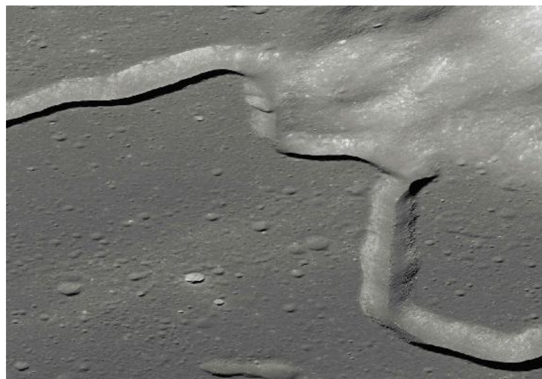
尽管如此，仍有一些事实困扰着我。据推测，瓦特陨石被施泰因海尔陨石快速地跟踪着——它们在一起旅行吗？为什么瓦特的峭壁几乎没有被破坏，直到施泰因海尔与之重叠？从更大的范围来看，看看广阔的东部链：文德林努斯肯定比佩塔维斯更老——并且危海是另一个成员吗？我们去过月球，但是我们还不能声称已经解开了月球的所有谜团。

施泰因海尔和瓦特周围的地区是非常粗糙的，并且遍布特征。它的最佳观测条件是相当倾斜的光照下，并且在满月之后，它被黑夜所吞没之前的时间并不多，因而需要仔细选择你的观测时间。你能够从这些奇怪的月球孪生现象中学到很多东西。

发现月球峡谷

使用我们详细的观测指南来探索穿过月球表面的裂缝和峡谷。

文：皮特·劳伦斯



通过任意尺寸的望远镜观测，月球都是一个迷人的对象。它表面覆盖着深深的环形山、充满熔岩的盆地、隐约可见的山脉和各种各样的地质特征。其中也包括被称为月谷的月球表面裂缝——这个名字源自于德语，意味着“槽”。据推测大多数的月谷（也称为裂隙）有36亿年的历史，它们有多种形式，但主要分为3种。

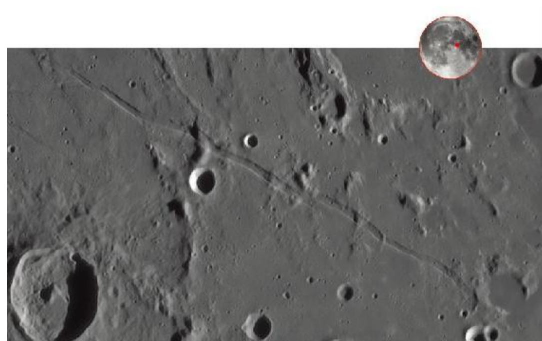
弯弯曲曲的月谷看起来像是由蜿蜒曲折的河流所雕刻而成。这其实与事实相去不远，除了这条河流是熔岩而非水。人们相信曾经在月球表面流淌的熔岩形成了管道，流星体的撞击会导致熔岩长期流淌的管道坍塌。

弧形的月谷在月球盆地中呈现为同心圆的一部分（弧形），它们被认为是当填满盆地的熔岩冷却收缩时形成的。盆地中央的熔岩沉积物略微下沉，导致这些月谷出现在盆地的边缘。

正如它们的名字所示，直的月谷在月球表面呈现为几乎线性的“道路”，在大多数情况下，这些是地堑——两个平行断层之间下降的表面区域。

在接下来的几页中，你将能找到一些从地球上使用望远镜可观测到的最佳的月谷。

阿里亚代乌斯月溪



长：300千米

最大宽度：5千米

最佳观测时间：新月后6天或满月后5天

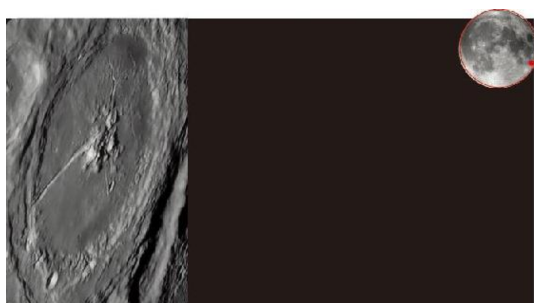
观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

阿里亚代乌斯月溪是一条直的月谷，其两侧或多或少是平行的，穿过了静海和汽海之间300千米的月球表面。

月谷起始于靠近静海西岸的边缘处，位于上图中的右下方，就在12千米宽的阿里亚代乌斯和8千米宽的阿里亚代乌斯A这一对儿小环形山的北边。它从那里转向西略偏北的方向，经过94千米宽的儒略·恺撒环形山的南部，然后到达几座小山峰处。它似乎在恢复其路径之前向侧面移动。这种转变（在它的西端附近还有一个）是一个罕见的滑坡-断层的例子，其间地壳呈现出水平的、横向的运动。

当它接近汽海时，阿里亚代乌斯月溪似乎变得更浅了，在这里可以看到一条支流朝向希吉努斯月溪分裂出来。

佩塔维斯月溪



长：60千米

最大宽度：2千米（主要的西南特征）

最佳观测时间：新月后3天或满月后2天

观测望远镜最小口径：76.2毫米（3英寸）

佩塔维斯是一个靠近月球东南边缘的、182千米宽的环形山，它的位置意味着从地球上看这个圆形的特征被透视效应压扁为椭圆。

位于环形山中央的是一片巨大的山脉群。从西南边缘向这个山群延伸即是佩塔维斯月溪，一个类似于巨大钟表表盘上分针的直线。这是较大的环形山裂中的一个，其在合适的条件下使用小望远镜即可观测到。

虽然“分针”看起来相当直，但是月谷并没有地堑那样的平底，它的横截面更类似于V形。第二个月溪似乎从山脉群延伸到北部边缘，但是高分辨率图像显示它是较大的月溪的延续。

在中央山脉的东北部也有一些较小的月溪，它另一个让人好奇的地方是不寻常的平行沟槽特征，该特征在月溪与环形山边缘处交接的地方向南弯曲。

西帕罗斯月溪



长：230千米

最大宽度：3千米

最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

湿海的东边边缘呈现出许多同心圆裂缝，其被称为西帕罗斯月溪。当充满熔岩的湿海盆地冷却并缩小时，形成了这些弧形月溪。盆地中心物质的绝对质量导致了裂缝出现在边缘上。

这个月溪名字来自于60千米宽的西帕罗斯环形山，其一侧被湿海熔岩所淹没。这有3个主要的月溪：西帕罗斯1、2和3，还伴随有几个较浅且不明显的裂缝。

主要的月溪穿过开尔文峭壁，这是一片位于湿海东南海岸的山区，其内部的月溪在穿过它时保持独立，而外部的两个则汇聚在了一起。

希吉努斯月溪



长：220千米

最大宽度：2千米

最佳观测时间：新月后6天或满月后5天

观测望远镜最小口径：152.4毫米（6英寸）

在靠近阿里亚代乌斯月溪处，部分笔直部分蜿蜒的希吉努斯月溪是一个迷人特征。它浅浅地起始于阿里亚代乌斯的南部，从那里，它向西北延伸到10千米宽的希吉努西环形山口，并开始折向北，沿着一条几乎是笔直的路径前行。

通过大型仪器的高倍视野显示，在这条北部的小路上到处都是小坑洞。对此，一个合理的解释是一些地下熔岩通道的顶部已经坍塌，从而在表面上可见凹陷。在地球上的地下熔岩通道上也可以看到同样的景象。希吉努斯环形山的起源很可能是火山喷发而非撞击，如果如此，它将是月球表面上最大的非撞击环形山之一。

夏洛特利月谷



长：140千米

最大宽度：10千米

最佳观测时间：上弦月后4天或下弦月后3天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

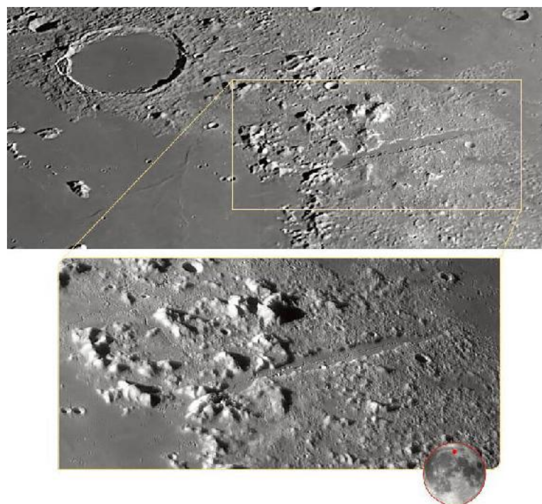
夏洛特利月谷是一个令人印象深刻的蛇形景观，靠近41千米宽的月球正面最亮的阿里斯塔克环形山。从地球上，我们可以看到这条曲折的月谷蜿蜒地远离一个邻近的36千米宽的希罗多德环形山。

月谷从希罗多德环形山向北延伸大约30千米，然后转向西北方向再延伸50千米。在这段路程末尾继续延续它的轨道之前，它经历了一段曲折盘旋之后才转向了西南方向。月谷的宽度沿着它的轨道变化，主体部分宽度在6千米至10千米之间，但当它在西边终止时，宽度减少到500米。

靠近希罗多德环形山附近有一个更宽的特征，俗称“眼镜蛇头”，它是由月谷和一个陨石坑合并形成的，而且月谷本身又超过了它延伸了一小段距离。

眼镜蛇头内部还有一个非常细小的月谷，这是一个难以发现的特征，据估计其宽度仅有200米。

阿尔卑斯月谷



长：180千米

最大宽度：12千米

最佳观测时间：上弦月或满月后6天

观测望远镜最小口径：50.8毫米（2 英寸）

著名的阿尔卑斯月谷靠近巨大的雨海盆地东北岸，这条笔直的月谷是地堑的一个例子，此处两个断层线之间的月球表面向下倾斜。

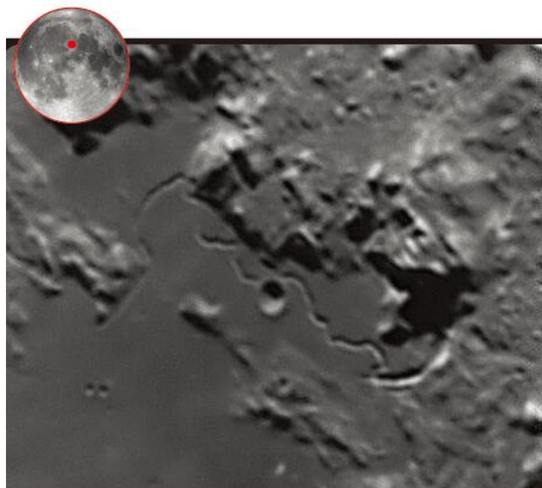
这条月谷从西南到东北呈一条直线。在它的最南端，月谷被两座山夹住，这两座山有时被称为“守护者”，这些“守护者”实际上切断了山谷，所以它并没有完全抵达雨海。

就在“守护者”的背面，月谷的峭壁向外延伸，形成了一个椭圆形的露天剧场。在此之后，它们再次聚集在一起，继续沿着直线延伸。月谷的大部分南墙相当平直，但北墙则显得不规则得多。在某些特定照明条件下，似乎有一个扰动会垂直运行穿过月谷的中部。

阿尔卑斯长180千米，最宽处12千米，是月球主要的景观之一，即使使用小型仪器也能很容易找到它。月谷的峭壁将阴影投射到其下面平坦的底部——无论是北墙还是南墙，这取决于月相。

以高分辨率近距离观测这一特征，可以发现另一条蜿蜒曲折的月谷直通主谷的中心，它大约深100米，通常不到1千米宽。对于专门的月球观测这来说，发现或拍摄这一微小的月谷被视作一项重大的成就。

哈德利月溪



长：80千米

最大宽度：2千米

最佳观测时间：上弦月或满月后6天

观测望远镜最小口径：203.2毫米（8英寸）

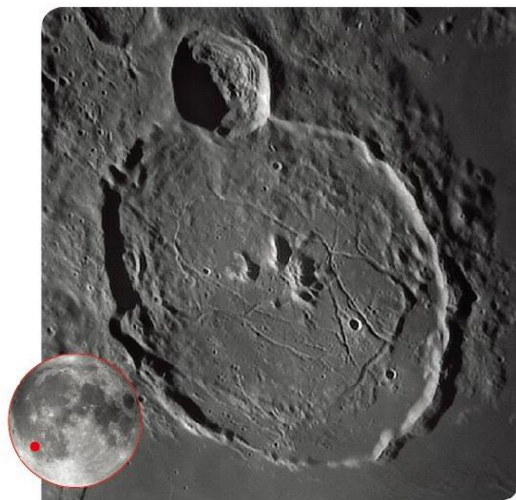
哈德利月溪之所以众所周知，是因为阿波罗15号在其北侧登陆，为我们提供了在月球表面拍摄的这些令人兴奋的月球特征的特写镜头。从地球上看它，需要一定的毅力才能找到它，但这是值得的。你可以在一个203.2毫米（8英寸）望远镜的视场内看到这个月溪，尽管它窄至2千米的宽度需要非常稳定的视宁度。

哈德利月溪得名于亚平宁山脉附近海拔440米的哈德利山。这条月溪就像一条蜿蜒曲折的河流，穿过亚平宁山脉内部一个平坦的、熔岩填充的地区。你可以通过在85千米宽的阿基米德环形山的东南边缘和山脉之间绘制一条最短的直线来定位这个区域。

定位哈德利月溪的关键是找到6千米宽的哈德利C环形山，一旦你找到了这个环形山，你将会看向月球图的右半部分——月溪蜿蜒在它的两侧。就是这个坍塌熔岩管所形成的美丽平滑曲线，使得定位它变得如此令人兴奋。

月溪北侧较直的部分标志着阿波罗15号登月舱的大致位置，其继续延伸到一个多山区域，环绕它的山基，而后抵达终点。

伽桑狄月溪



长：80千米

最大宽度：少于2千米

最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

观测望远镜最小口径：203.2毫米（8英寸）

110千米宽的伽桑狄环形山位于湿海的北岸，它是一个巨大的圆形火山口，其中央山峰群有多个山峰组成，高达1200米。由于透视效应，它从地球上看起来是椭圆形的。

伽桑狄环形山底部布满了粗糙的地块和弧形裂缝，这些裂缝统称为伽桑狄月溪。这些裂缝很细并且在许多地方交叉，形成了一个贯穿伽桑狄的网络。

环形山的边缘看起来像是被南部湿海流出的熔岩破坏了，淹没了环形山底部的一个新月形区域。航天器拍摄到的高分辨率图像显示，其边缘实际上是完整的，流入环形山的熔岩可能进入了环形山的边缘之下，这使得平坦的新月形部分和严重开裂的伽桑狄环形山底部形成了鲜明的对比。

这些月溪非常小，所以你至少需要一台203.2毫米（8英寸）的望远镜和良好的视宁度条件下才有机会发现它们。它们形成的确切机制尚不完全清楚，但最有可能与熔融熔岩底部冷却时发生的总体开裂有关。一

个年轻的、6千米宽的环形山伽桑狄A切断了北面主体环形山的边缘。

月表观测：西北象限

在这个象限中，你会发现一些月球最著名的特征——辉煌灿烂的哥白尼环形山、深色底部的柏拉图和月球阿尔卑斯山脉等，在它们旁边是一个曾被认为是充满植被的环形山。



毕达哥拉斯环形山

文：帕特里克·摩尔

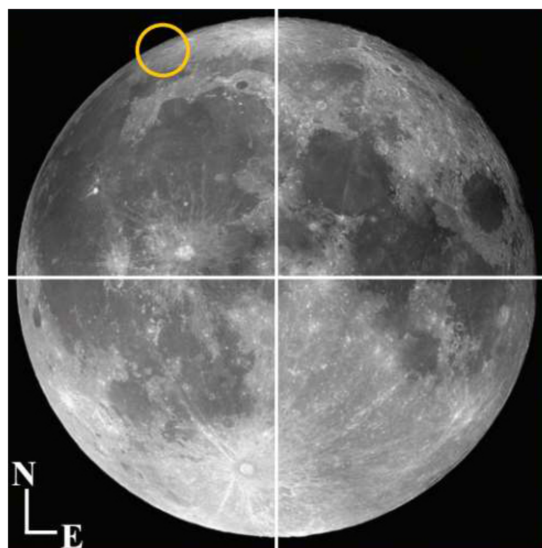
类型：环形山

大小：130千米

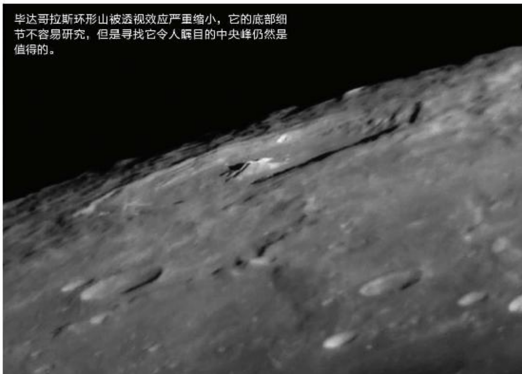
年龄：10亿~30亿年

位置：北纬63.5度，西经62.8度

推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它


毕达哥拉斯环形山被透视效应严重缩小，它的底部细节不容易研究，但是寻找它令人瞩目的中央峰仍然是值得的。

作为月球上最主要的环形山之一，毕达哥拉斯环形山以伟大的希腊哲学家的名字命名。这个130千米的环形山比第谷或者哥白尼还要长。不幸的是，它位于冷海旁边的月球边缘附近，因此从地球上看，它永远没有有利的观测条件。在满月之前寻找它，高照度下它总是可以被追踪到的，即使此时月球几乎没有阴影，但在阴影返回之前想要寻找到它也并不容易。

毕达哥拉斯环形山结构良好，具有高出下沉底部5千米的阶梯式连续峭壁。它基本上是圆形的，但若仔细观察，它会显示出略微呈六边形的轮廓，并且在外部有一个低矮的壁垒。由于它靠近月球边缘，所以毕达哥拉斯环形山被透视效应严重缩短了。然而，即使是使用小型望远镜也足以展现出峭壁的阶梯结构和令人印象深刻的中央结构——一座海拔1.5千米的双峰山脉。

其底部细节在地球上不容易被观测，但我们有从航天器上获得的优秀图片。它的峭壁阶梯非常明显，尽管它不是射线结构的中心，但毕达哥拉斯在很多方面看起来和哥白尼相似，其内部相当平坦，有许多低矮的山丘和一些小火山口，不过，其底部当然是由巨大的中央结构所主导的。

毕达哥拉斯环形山似乎是在所谓的早期历史时期（10亿到13亿年前）形成的，因此它绝对比第谷和哥白尼更古老，但比附近其他的大型结构更年轻，如巴贝奇环形山、索思环形山和约翰·赫歇尔环形山。它们都具有低矮、破碎、不连续的峭壁，缺乏中心结构。长达142千米的巴贝奇环形山实际上与毕达哥拉斯的东南边缘相连，这两个结构的年龄差异非常明显。在巴贝奇的另一边，是一个与其类似但是更加破败的索思环形山，直径108千米。越过索思，我们就来到了不规则的冷海的灰色

地带。

因为极度的透视效应，毕达哥拉斯环形山的边缘区域很难被观测到，但是在最佳天平动条件下，可以看到两个相当大的环形山：位于西经90.6度直径85千米的克雷莫纳和位于西经87.4度直径63千米的布尔。其周围有许多小结构，并且毕达哥拉斯本身就有卫星环形山，在地图上用字母标识；其中最大的两个是毕达哥拉斯D（31千米）和毕达哥拉斯H（18千米）。

由于毕达哥拉斯是满月前最后一个被阳光照亮的环形山之一，因而它也是新月前最后一个被黑暗笼罩的环形山之一。但所有的月球观测者都知道研究薄月牙所带来的问题，更何况还需要早起并打开你的天文台（如果你没有永久性的天文台，便需要将你的便携式望远镜放在合适的位置）。但至少从满月之前到一个月相周期结束，毕达哥拉斯均可见，我强烈建议你去寻找它。如果它距离月球边缘更远一些，那么就算比起来西奥菲勒斯或者第谷，甚至是“月球之王”哥白尼，它都不会相形见绌。

露湾

文：帕特里克·摩尔

类型：月湾
大小：195千米
年龄：10亿~30亿年
位置：北纬54度，西经56.6度
推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜

在哪里找到它

露湾，或称露之海湾，是来自较大的风暴洋的溢流，风暴洋本身也

在某种程度上进入到了月球的正面，如果将二者一起考虑，那么它们构成了最大的月球海洋。

月球表面这一区域中的边缘远离风暴洋，且相当明亮。其附近的23千米宽的哈丁环形山仅拥有矮壁，但很容易辨认，因为附近没有其他明显的特征。

这个月湾自身构成了从风暴洋进入到冷海的出口。总而言之，冷海并不特别引人注目，并且它的表面与风暴洋的表面拥有相同的总体外观；它们拥有同样的颜色，表明它们也拥有同样的年龄。事实上，非常值得将露湾的颜色与风暴洋的颜色进行比较，我们想要分辨出露湾在哪里结束而风暴洋在哪里开始并不容易，它们不是独立的结构。

月湾的表面除了一个例外之外，没有其他明显的特征。该例外是一个被称为吕姆克山的结构，乍看似乎是一个大约横跨48千米的半坡高原。然而，仔细观测后你会发现这种解释太简单了。

吕姆克山事实上是几个非常紧密相连的月球穹顶，它们位于一个略为隆起的区域。在月球的任何地方都没有这样的东西；我曾仔细寻找过类似的结构，但完全失败了。当然，为了看到这个特征，你非常值得去研究所有的照明条件。幸运的是，它很容易被找到，因为它位于露湾的边缘，而有关它的起源还是一个有争议的问题。

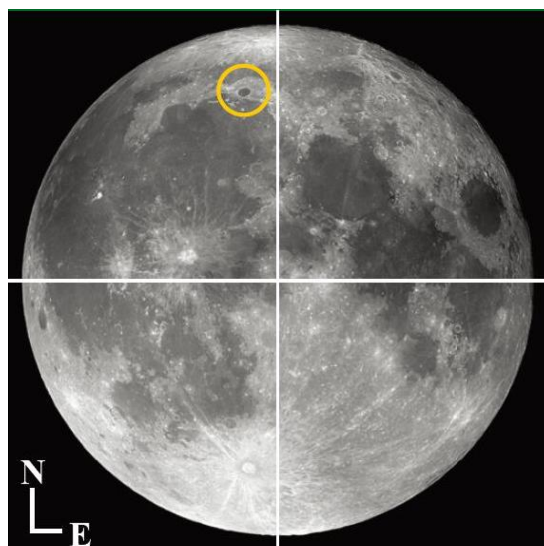
露湾本身并没有什么可看的，仅有几个非常小的坑洞。露湾的边缘非常明显，在它和月球边缘之间有一块高地，在这片高地上有几个大而深的结构，尤其是拉瓦锡、冯·布劳恩和杰勒德环形山。它们很难被正确地研究，因为它们距离月球边缘是如此之近，以致被透视效应严重缩短。如果他们距离月球边缘更远一些，那么它们就会非常显眼。

露湾底部似乎没有任何“幽灵坑”或被填充的陨石坑。然而，在极好的天平动时期，仍然值得去看看那些距离月球边缘非常近的环形山。

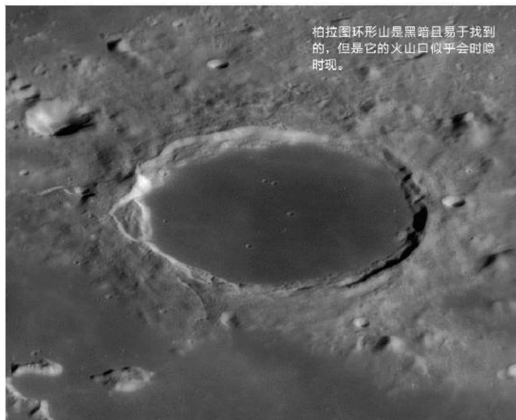
柏拉图环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：109千米
年龄：38亿年
位置：北纬51.6度，西经9.3度
推荐工具：口径152.4毫米（6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



柏拉图环形山是黑暗且易于找到的，但是它的火山口似乎会时隐时现。

柏拉图环形山位于雨海和冷海之间的阿尔卑斯地区，是最完美的月球环形山之一。由于距离中央子午线不到10度，所以在每一个月相周期中它的位置都很好：它在上弦月之后很快就会出现。柏拉图环形山几乎是完美的圆形，虽然透视效应使它看起来是椭圆的。它的底部是铁灰色的，与格里马尔迪相比拟，其是月球上最黑暗的地方。当格里马尔迪也出现在视野中时，比较它们是非常有趣的。格里马尔迪通常是两者中较暗的那个——但并非一直如此。

在最早的月球图之一——约翰内斯·希维鲁斯所绘，柏拉图环形山被称为“大黑湖”，并且很容易理解为什么早期的月球图绘制者认为它一定充满了水。其深色的底部和规则的形状使得使用双筒望远镜就很容易能识别出它（人们常常忘记双筒望远镜也可以显示出惊人数量的月球细节）。只要阳光明媚，你就可以毫不费力地找到它。

柏拉图环形山以古希腊伟大的哲学家的名字命名，它被认为大约有38亿年的历史，比雨海还要年轻。其南部有一个巨大的“幽灵坑”，位于柏拉图和皮科山之间；而西边是著名的19千米深的环形山，原名柏拉图A，但现在（根据我的建议）被正式以第四任皇家天文学家布利斯的名字命名。

柏拉图环形山相当低矮的壁垒包括几座至少海拔2千米的山峰，当太阳较低时，它们会在环形山底部投下长长的阴影。其底部本身没有中央山峰的痕迹，也没有大型的陨石坑，但是有各种各样的、在能见度方面令人费解的小陨石坑。我持续观测柏拉图超过60年，发现在某些情况下记录为“显而易见”的一些陨石坑在另一些情况下会被忽略。记得1952年我在巴黎默东天文台，在一个非常好的天气条件下使用了838.2毫米

（33英寸）的折射望远镜观测月球，月球的所有细节都很清晰，但柏拉图的底部却是空白的。然而在第二天晚上我再次观测，在类似的条件下，一些常见的陨石坑出现了。

还有一些偶尔“含糊”的情况，我和其他人都发现，当柏拉图和格里马尔迪都在视野范围内时，柏拉图偶尔会显得更黑暗。毫无疑问，这些明显变化中的大多数都是由于光照角度的变化引起的，但它们确实是耐人寻味的。

1954年，经验丰富的观测者桑顿，使用了一台203.2毫米（8英寸）的反射望远镜，记录下了环形山内部明显的闪光。有人认为这是陨石撞击造成的，但是后来没有任何迹象表明此处出现了新的东西，目前仍旧没有找到关于那次闪光的解释。

撇开有趣的矛盾不说，在我看来，柏拉图是月球上最吸引人的展品之一。在未来，当月球旅行变得司空见惯时，它无疑将成为一个旅游景点。然而，站在火山口附近的游客不会有被封闭的感觉：因为柏拉图是一个非常浅的飞碟形状，其壁垒当然不会很陡，位于中央的观测者根本不会看到它们——它们将远远低于它所在的地平线。

直列山脉

文：帕特里克·摩尔

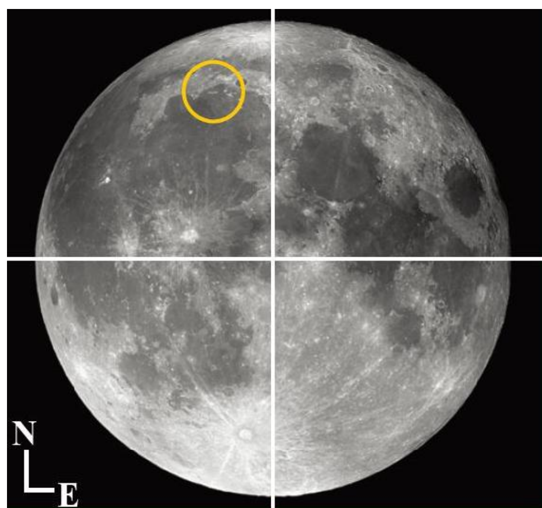
类型：山区

大小：长90千米，最高海拔1.8千米

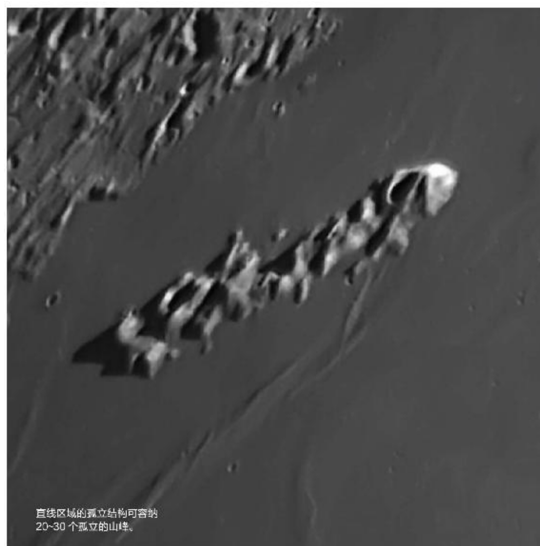
年龄：32亿~38.5亿年

位置：北纬48度，西经20度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



直线区域的孤立结构可容纳20~30个孤立的山峰。

这个不平凡的小山脉与月球上其他的任何东西都不同。因为它的形状，维多利亚时代著名的月球学家波特将它命名为“直线区域”，并且我们今天仍然在使用这个名字，尽管官方名单中使用的是拉丁形式：直列山脉。

无论在何种照明下，它都很容易被找到，它就位于雨海的北部边缘，在柏拉图环形山和拉普拉斯环形山中间的位置，因此在一个月相周期中上弦月之后的大部分时间里它均可见。它由一条直线排列的山峰组成——它确实是直线，因此很突出。在月海内部的一段距离内都没有其他山峰在它的附近。

虽然其长度约90千米，其宽度却不超过20千米。其间有20～30个明显的单峰，其中最高海拔不超过1800米，最亮的山峰位于西端。

一台非常小的望远镜就能够很好地展示这个不寻常的特征，而且人们几乎可以理解为什么一些早期的观测者认为它可能是一个人工结构！它周围的月海区域相对平坦，在它和海岸之间只有一个小尺寸的陨石坑；引人注目的20千米大的勒维耶环形山位于其南部。

当我在月球表面遇到任何线性的东西时，我倾向于寻找相关的“鬼环”。因此，在云海著名的直壁（不是一堵墙，它是一条长110千米的断层）显然与一个被熔岩覆盖的古老环相关联。我曾花了很长时间寻找对直列山脉具有重要意义的东西，但我没能找到。最后我得出结论，它一定是一个非常古老的圆环的一部分，它的壁——或者它们的残余——可

能与亚平宁山脉和高加索山脉所定义的更大的结构是同心的。

随后，我发现美国行星科学家比尔·哈特曼在更早的时候也提出了同样的意见。这部分月球的历史不太容易解释，但我们可以肯定，其形成的主要因素是产生雨海的灾难性的撞击。

这个地区非常值得拍摄。直列山脉北部的平坦地形与雨海和北部冷海之间的崎岖地形形成了鲜明的对比；你还可以找到柏拉图，丛生的特内里费山脉和拉普拉斯岬。在下一次月相周期前准备好你的相机，等到上弦月刚过，并祈祷有一个晴天。

虹湾

文：帕特里克·摩尔

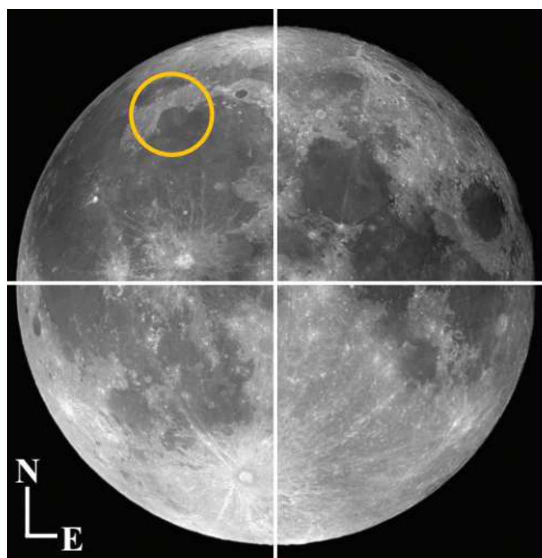
类型：月湾

大小：236千米

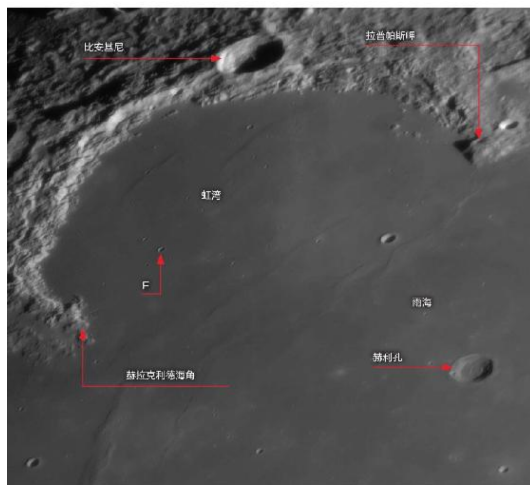
年龄：未知

位置：北纬44度，西经32度

推荐工具：口径101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



彩虹之湾从雨海倾斜而下，直到比海面低61米处。

月球最可爱的特征之一必然就是虹湾或称彩虹之湾，它连接着辽阔的雨海，在1651年它由著名的月球观测者乔瓦尼·里奇奥里在他绘制的月球图中指出并命名。当然，在那些日子里，人们普遍认为黑暗的地方实际上是海洋，月球很可能是一个适合生命生存的世界。

虹湾被称为海湾，但它实际上是一个环形山，它朝向海的环壁实际上已经被摧毁，那里只能追踪到少数非常低的、断开连接的片段。在其他的地方，多山的“墙壁”是连续的，并且相当高，尽管最外侧的边缘被突出的比安基尼环形山打断了一小段距离。其连续剖面由两个海岬界定，分别是赫拉克利德海角和拉普拉斯岬。

虹湾的底部从雨海开始向下倾斜，所以在远离的一侧比月海平面低大约61米。在月球上的任何其他地方都没有这样的情况，但事件的顺序似乎相当简单。我们以月海的名字命名它所形成时的月球时期，雨海纪大约结束于30亿年前，所以雨海形成比大轰炸期更晚。虹湾撞击发生在巨大的熔岩泛滥之前，这是其向海墙被淹没的原因。

我曾说过虹湾是月球最可爱的地方之一。如果你在正确的时间捕捉到它，它就是这样的。当太阳从它表面升起的时候，山区的边界首先被照亮，山峰的顶部捕捉到阳光而其底部仍旧处于黑暗中。其结果就是，峭壁似乎突破了晨昏线之外，给人以它完全脱离了月球主题的印象。月球观测者称之为“宝石手柄”。

这种情况在每个月相周期中发生一次，远在满月之前，但是它不会

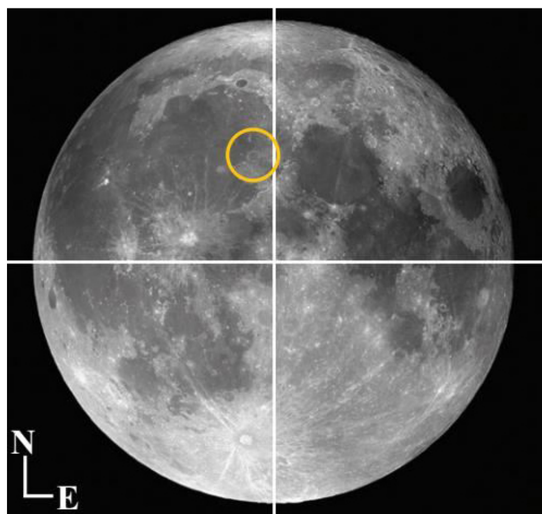
持续很长时间，并且当阳光慢慢蔓延到较低的底部时，“宝石手柄”效应会消失。随着太阳高度的增加，跟踪其变化是非常有趣的；即使是使用小望远镜也能够很好地展示它们。其底部非常平滑，只有一个相当明显的环形山E。

虹湾无论何时在阳光照射下都能够被辨认出来；值得注意的是，在北面的雨海上有两个明显的环形山，赫利孔（宽25千米）和勒维耶（宽20千米）。除了在日出时，该地区看起来很普通，但在即将到来的月相周期中，请你确保不要忘记观测“宝石手柄”。

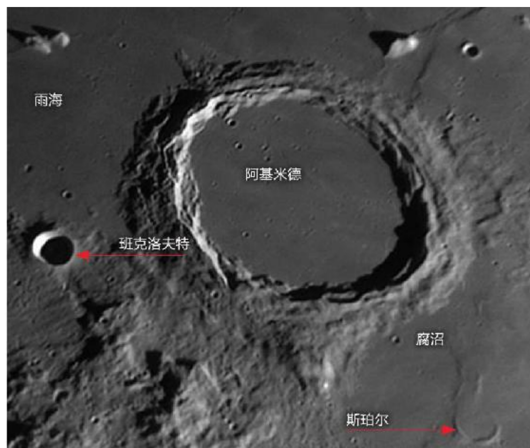
阿基米德环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：83千米
年龄：31亿~38.5亿年
位置：北纬29.7度，西经4度
推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



除了几个小坑，阿基米德环形山的底部非常平滑。

阿基米德环形山是雨海上最大的结构，它在上弦月后不久就会进入人们的视野，在阳光照射下很容易被识别。1609年，托马斯·哈利奥特绘制的月球图上清楚地显示了这一点，这远在伽利略首次使用望远镜观测宇宙之前。它是月海中3个突出构造中的较大者，另外两个是阿里斯基尔和奥拓吕克斯，你不可能不被它们打动。

阿基米德环形山被乔瓦尼·里希奥利以希腊伟大的科学家的名字命名。这个环形山（“有环壁的平原”是一个对它更好的描述）属于我们所知的雨海纪，即从31亿到38.5亿年前，它当然是一个撞击结构。它的峭壁是连续的，仅仅上升到高出外部地面适当的高度，但高出下沉地面2千米。它的底部本身充满了古老的熔岩，没有任何显著的特征，像在月海边缘的阿尔卑斯山脉中的柏拉图一样，它也没有任何中央峰存在的痕迹；但与柏拉图不同的是，它的底部是浅色而不是深灰色的。它的外壁是阶梯状的，形状几乎是完美的圆形，尽管从地球上看由于透视效应被压扁为椭圆。

当我第一次看到从轨道航天器上拍摄的它的照片时，它的规则性给我留下了深刻的印象。利用亚利桑那州弗拉格斯塔夫的洛厄尔折射望远镜，我仔细搜寻了它内部的细节，但除了微弱的条纹和一些浅坑之外，我什么也没找到。这一定是月球上最平坦的地区之一。而3个结构组的其他成员都较小，其中阿里斯基尔有一个奇妙的三峰中央结构。

在阿基米德环形山的北面，在标志性的施皮茨贝尔根山脉之外，月海非常平滑。阿基米德和奥托吕科斯之间的区域被称为眉月湾，包含有

两个不同的小环形山：C直径8千米，D直径5千米。1959年9月14日，苏联的“月球2号”航天器降落在这里，因为航天器着陆后坠毁并没有发回任何信号，因而我们并不确定其确切的撞击点，但这仍然是一个引人注目的成就，苏联人当然可以宣称自己“第一次登陆月球”，也许有一天我们会找到它的残骸。十多年后的1971年7月30日，阿波罗15号宇航员在阿基米德东南200千米的亚平宁山脉山麓着陆。

就在阿基米德东南的腐沼，坐落着11千米长的卫星环形山斯珀尔，它几乎被淹没了；虽然它的北半部仅仅是勉强可追溯，但它的南半部明显突出。它起初被称为阿基米德K，之后为纪念约西亚·爱德华·斯珀尔而命名，他是一位美国地质学家，曾撰写有一本经典著作支持月球陨石坑为火山的理论。我是这个理论的坚定拥护者，直到反对它的证据变得势不可挡！班克洛夫特原名阿基米德A，是一个位于西南呈碗状13千米大的环形山。

这里整个地区是月球上最上镜的地区之一，我保证你会对拍摄一张包括阿基米德三重奏和亚平宁山脉南端的图像而感到非常满意的。

腐沼

文：皮特·劳伦斯

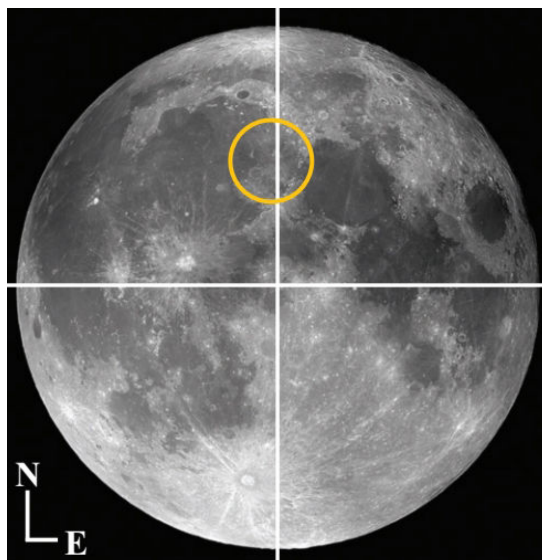
类型：沼泽

大小：160×70千米

年龄：32亿~39亿年

位置：北纬27.0度，西经0.0度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它

腐沼是微妙特征的家园，也是更多相似特征的线索。

尽管月球上水很稀缺，但有很多特征的名字暗含着另一种含义：月海或者海洋。此外，还有一些较小的“水”的特征，例如前缀为湾、湖和沼泽之类的术语。

从地球上可以看到3个月球沼泽，它们标志着在主要的月海边缘发现的不规则的封闭熔岩区域。尽管它的名字腐沼意味着腐烂的沼泽，但是它和它周围的区域是一个迷人的地方。它位于巨大的雨海盆地东南边缘的亚平宁山脉边缘。找到它位置的最佳方法是首先确定雨海底部最大的环形山——85千米的阿基米德环形山。从阿基米德环形山到弯曲的亚平宁山脉最近部分画一条线，一直延伸到东南方向。沼泽沿着这条线呈现为一个黑暗的熔岩区域，大致呈矩形，它的宽度略小于阿基米德的直径。

腐沼是一个平坦的熔岩区，覆盖有微小的火山口，在它的南角有一个名为腐1的火山穹顶，其直径7千米，估计高达90米，你需要一台304.8毫米（12英寸）的望远镜来发现它；最佳的尝试观测时间是晨昏圈在附近且倾斜照明时。

腐沼的东南“边缘”非常有趣，因为山脉的折线形成了一个熔岩的附属区域。在狭窄的、18千米宽、60千米长的附属区域内，有一个6千米的环形山，叫作哈德利C环形山，仅使用口径101.6毫米（4英寸）的望远镜即可看到它。一台口径203.2毫米（8英寸）的望远镜能够显示出一条名为哈德利溪的月溪蜿蜒绕过环形山。高耸于月溪东部的是哈德利山，是亚平宁山脉中高达4.6千米的一员。

从腐沼的西南边缘延伸出各种各样的月溪，导致出现了一个非官方

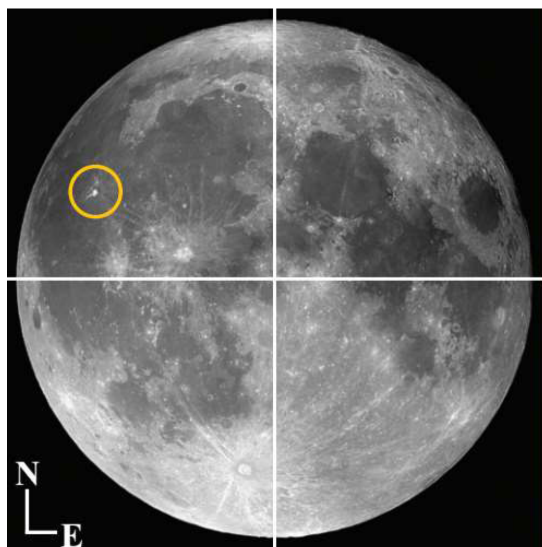
地被称为亚平宁台地结构的区域。该地区富含KREEP：这是钾（化学符号K）、稀土元素（REE）和磷（P）的首字母缩写。KREEP在月球上很罕见，据说它们可能是由于火山活动而从雨海深处上升出来的。

一个类似的区域位于腐沼的东角上方。由于菲涅耳溪是一条穿过它的地堑，因此用203.2毫米（8英寸）或者更大的望远镜进行观测是非常有趣的。地堑是月表断层裂缝下降形成的线性区域。

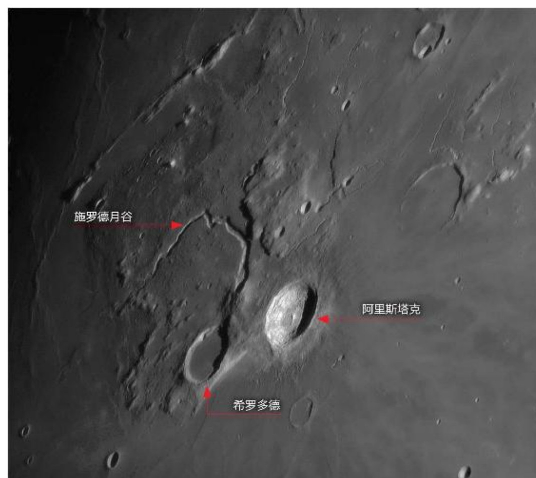
阿里斯塔克环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山 大小：40千米 年龄：4.5亿年 位置：北纬23.7度，西经47.4度 推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



阿里斯塔克环形山是月球上最年轻的环形山之一，估计年龄为4.5亿年。

到目前为止，阿里斯塔克是月球上最亮的环形山，在阳光照射下无论何时你总能看到它。当月球被地球照亮时它也会出现，许多天文学家都把它误认为是正在喷发的火山；甚至威廉·赫歇尔爵士也陷入了这个陷阱。它位于风暴洋中，但绝不是孤立的；阿里斯塔克靠近大小相似的希罗多德环形山，但它没有阿里斯塔克明亮。

为什么阿里斯塔克会这么明亮呢？就是因为它年轻，形成于月球演化的后期。因此它是整个月球表面最年轻的环形山之一。它的结构良好，有阶梯状峭壁和中央高峰。据说它的年龄为4.5亿年，以月球的标准来看，它是非常年轻的。

它在月面上的位置意味着它可以在每个月相周期大部分时间中被看到，每夜描绘或者拍摄它，注意它随着太阳照射变化而引起的明显变化是非常有趣的。其相邻的希罗多德环形山也非常成熟，但是没有明显的中央峰。在这一地区，还有最长的蜿蜒的月谷，以纪念德国天文学家约翰·施罗德而命名，这在某种程度上具有误导性，因为以施罗德的名字命名的环形山在月球上距离这里很远的完全不同的其他地方。来自萨摩斯的希腊天文学家阿里斯塔克是第一位主张地球绕太阳旋转并绕自转轴旋转的人，而希罗多德则是希腊历史学家。

施罗德月谷位于希罗多德以北25千米处，给人一种干涸河床的感觉。从直径6千米的环形山开始，山谷扩大到近10千米，形成了一些观测者昵称为“眼镜蛇头”的形状。从此处它逐渐缩小到55米宽，最后终止于一个1千米高的上升区域的边缘堤岸上。在良好的观测条件下，一台

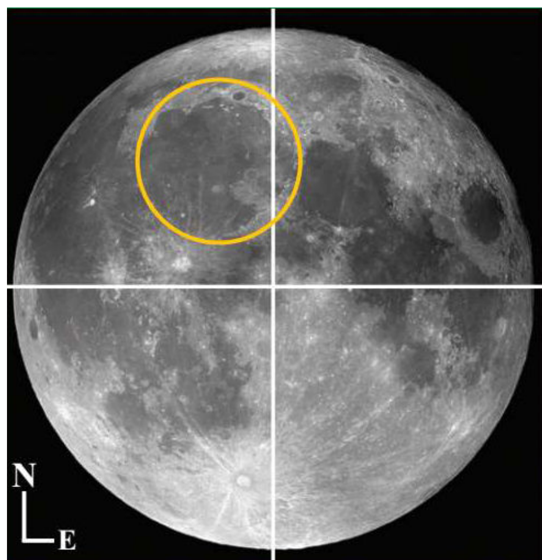
强大的望远镜将会在月谷底部显示出细细的溪流。月谷总长160千米，最大深度1千米，在月球上没有什么东西像它一样。

在阿里斯塔克环形山上及附近发现了许多月球瞬变现象，值得密切关注。环形山中发现的现象包括周期性地遮挡和云状特征，这些特征都不会持续很长时间。这些从未被拍摄到过，它们的存在也从未被证实过。

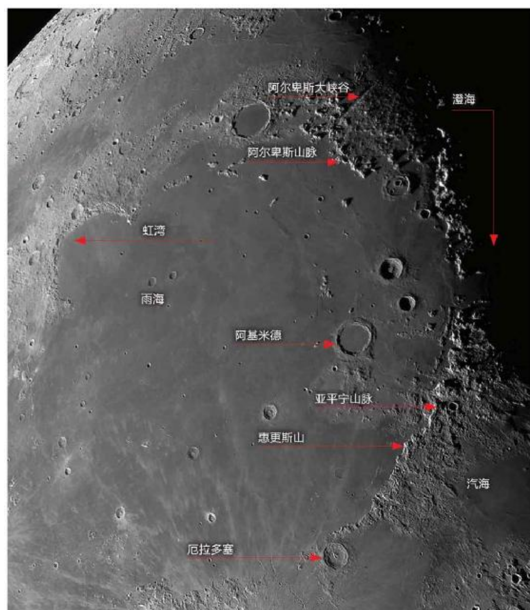
月球亚平宁山脉

文：帕特里克·摩尔

类型：山脉
大小：600千米长
年龄：32亿~38.5亿年
位置：北纬18.9度，西经3.7度
推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



亚平宁山脉壮观的山峰是月球上必看的景点之一。

月球亚平宁山脉可能不是月球上最高的山峰，但它肯定是最壮观的。这个山区是由约翰·赫维留以我们地球上的亚平宁山脉的名字命名的——这也是赫维留所命名的、在后期乔瓦尼·里乔利修订中幸存下来的少数名字之一。它形成于雨海的东南边界，雨海是常规月海中最大和最显著的，并且在每个月相周期中都占据着主导地位。

月球亚平宁山脉并没有在雨海周围形成连续的边界，但可能曾经有过，在我们称之为“雨海盆地”的地方到处都可追溯；产生它的巨大撞击在整个月球都形成了深远的影响。在靠近月球上最壮观、保存最完好的环形山之一厄拉多塞的地方，它沿着雨海的边缘延伸，将雨海与较小的、底部颜色较深的汽海分离开。在上弦月时，山峰在平原上投射出长长的、尖锐的阴影，尤其引人注目。亚平宁山脉的最高峰惠更斯山海拔高达6.1千米。

在北部，雨海以阿尔卑斯山脉为界，阿尔卑斯山脉并不与亚平宁山脉相连；两个山脉间有一个间隙，使得雨海的底部与临近的澄海底部相连接——二者在高度和年龄上都有差异。月球阿尔卑斯山脉并不等同于亚平宁山脉，但它们同样具有特殊的吸引力，因为它们包含有月球上其他地方没有的特征。特别值得注意的是巨大的阿尔卑斯大峡谷，是一条穿过山脉的巨大裂缝。

最后，但绝不是最不重要的，是虹湾。它必定曾是月海边缘的主要环形山，但是向海墙已经被淹没，现在几乎无法追踪，所以给我们留下了一个大海湾。你可以看到太阳从其上升起，显然，太阳的光线首先照射到远处的山峰，而海湾本身则处于黑暗之中。这通常被称为“宝石手柄”，当然每个月相周期会出现一次。

这个月海除了主要的3个环形山之外，并没有很多大型陨石坑，其中最大的是80千米的阿基米德环形山。整个月球上最著名的景色莫过于雨海了，人们可以想象出很久以前那颗巨大的流星坠落的情景！

喀尔巴阡山脉

文：皮特·劳伦斯

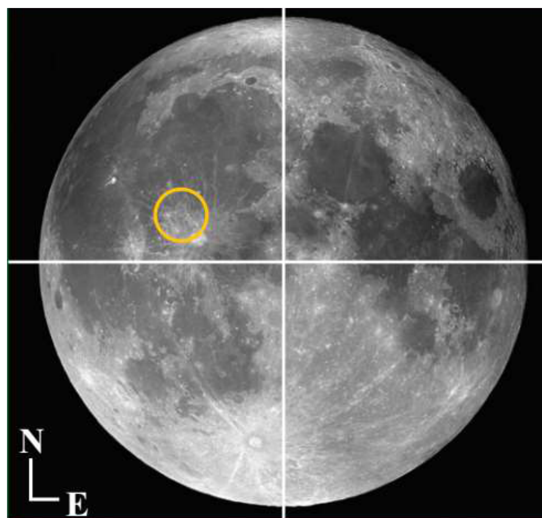
类型：山脉

大小：300千米长，100千米宽

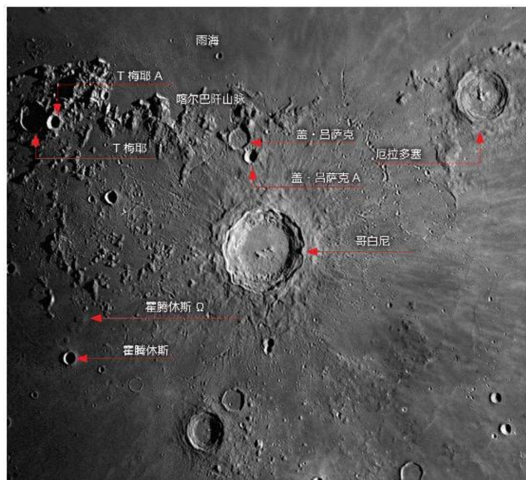
年龄：32亿~39亿年

位置：北纬14.6度，西经23.7度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



喀尔巴阡山脉坐落在雨海的南岸，靠近明亮的射线状哥白尼环形山。

巨大的雨海盆地占据了月球朝向地球一侧的西北象限，它的直径约为1000千米，其边缘拥有明显的特征。喀尔巴阡山脉就是其中之一，它位于雨海的南岸，就在射线状哥白尼环形山的西北。

哥白尼位于该区域东端以南100千米处，距离非常近，以至于喀尔巴阡山脉就位于环形山形成时喷射出来的抛射物内部。

通过一个低倍率目镜，月海东部和东南的边界被亚平宁山脉明确界定，亚平宁山脉位于60千米宽的厄拉多塞环形山的北部。一些小山峰散落在环形山西北方向，而后被光滑的熔岩所取代。这片平滑的地面向西延伸了大约90千米，在到达喀尔巴阡山脉之前被一些小火山链断开了。

喀尔巴阡山脉轮廓分明，但是被雨海熔岩严重侵蚀。在那些流入山峰间隙的地方，完美勾勒出了山脉的轮廓。在该山脉的东段，第一个主要山峰位于年轻的环形山盖·吕萨克（27千米宽）的北部。环形山拥有平坦的底部，似乎已经陷入了下面较老的山脉中。盖·吕萨克A（14千米）位于稍南的位置。

向西移动时，它的范围开始变大，巨大的山峰耸立在雨海北部平坦的熔岩层之上，看起来像是被凿成了尖锐的点。在南部，由于年轻哥白尼的残骸，地形更加混乱。喀尔巴阡山脉最厚、最崎岖的部分位于西面，终止于T梅耶环形山（34千米）附近。

与任何月球山脉一样，当太阳在月球天空较低的位置，并且在晨昏圈附近时，观测条件最佳。在这种情况下，山脉高耸的山峰高出雨海盆地底部2.4千米，投下了壮观的阴影，此时，T梅耶、T梅耶A（16千米）

和T梅耶P（35千米）都是显而易见的。尽管破碎的边界和熔岩淹没了底部，但当阳光从东方或者西方斜射时，位于T梅耶南部的T梅耶P仍旧活灵活现。

位于T梅耶P以南125千米处是一个小而清晰的米利奇乌斯环形山（13千米）。往西南60千米处看，你会发现米利奇乌斯A。当照明适合喀尔巴阡山脉时，也是在该地区寻找火山穹顶的最佳时机。米利奇乌斯π位于米利奇乌斯和米利奇乌斯A连线中点的西北方向，而霍腾休斯环形山（15千米）以北是霍腾休斯Ω穹顶区域，包含至少6个穹顶。

厄拉多塞环形山

文：帕特里克·摩尔

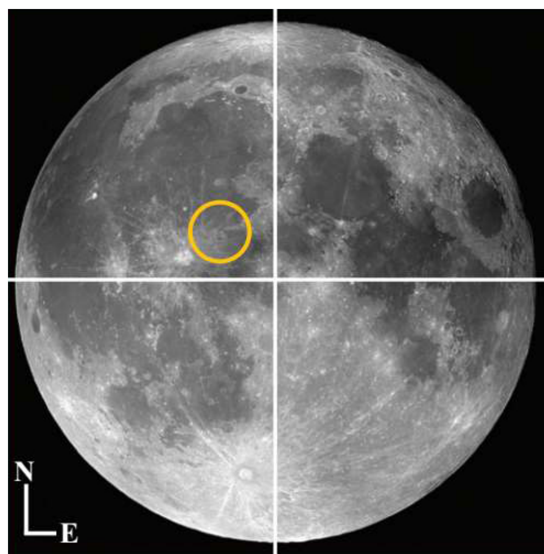
类型：环形山

大小：58千米

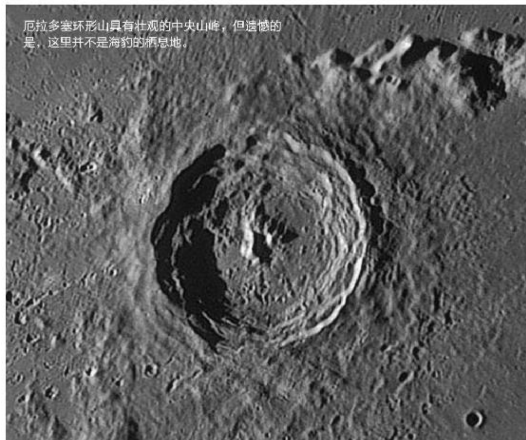
年龄：32亿年

位置：北纬14.5度，西经11.3度

推荐工具：口径101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它


厄拉多塞环形山具有壮观的中央山峰，但遗憾的是，这里并不是海豹的栖息地。

厄拉多塞环形山是月球上最完美的环形山之一，它是圆形的，非常深，有明亮的阶梯峭壁。它以古希腊天文学家厄拉多塞的名字命名，厄拉多塞开展了重要的数学工作，其中最令人难忘的是他对地球周长进行了精确测量。

厄拉多塞环形山位于亚平宁山脉南端，亚平宁是月球上最引人注目的山脉，其北面是雨海，南面是浪湾。环形山外缘的形状几乎是完美的圆形和美丽的阶梯状，还拥有外部的喷射壁垒，且中央山峰群非常复杂。

在晨昏圈附近，厄拉多塞环形山的任何地方都是壮丽的景象，但在满月时分它却难以捉摸，因为它被相对较近的哥白尼的射线系统所淹没，并且没有自己的射线系统。以月球标准来看，它是年轻的，其形成于32亿年前，标志着爱拉托逊纪的开始。

在它的底部没有明显的陨石坑，但有一些黑色的斑块，使用小型望远镜就能很容易看到。1919年至1924年间，美国天文学家威廉·亨利·皮克林对这些斑块进行了研究，得出了一些意想不到的结论。他相信有成片的低矮植存在，但又发现厄拉多塞的斑块在四处移动。“虽然这种有关月球生命的想法听起来有些异想天开……但这是基于对普里比洛夫群岛毛皮海豹迁移的类比。其所涉及的距离约为32千米，并且在12天内完成。平均速度约为每分钟1.85米……这意味着小型动物。”

在不到一个世纪以前，美国最著名的天文学家之一居然能够写出这样的文章，现在看来这似乎很奇怪！然而，厄拉多塞环形山的斑块似乎确实是会随着光照角度的改变而改变，如果你跟随它们完成一个完整的月相周期，你就会明白我的意思。

也许厄拉多塞环形山在日出时分是最美的，那时亚平宁山脉已经出现在视野中。然后厄拉多塞缓慢而庄严地步入；起初，除了中央山峰群的顶端什么都没有，但是随着阴影向后蔓延，整个底部都会被阳光照射；再到晚些时候，厄拉多塞的全部荣耀才会被来自哥白尼的光芒所掩盖。哥白尼是大约10亿年前形成的一个较年轻的环形山——此时爱拉托逊纪结束而哥白尼纪开始。

厄拉多塞周围的区域很平坦，只有几个小环形山，但其中有一个值得注意的特征。位于厄拉多塞西南、哥白尼以东的史塔杜斯，是月球上最著名的“幽灵”之一。它与厄拉多塞大小相当，曾经必定是一个非常壮观的环形山，但它已经被熔岩所淹没，其轮廓现在几乎无法追踪，只有少数几个山丘高出月海表面。

在相当高的照射条件下，比较厄拉多塞和哥白尼是非常有趣的。哥白尼是两者中的较大者，并且有射线系统，但在除此之外的其他方面二者非常相似。

哥白尼环形山

文：帕特里克·摩尔

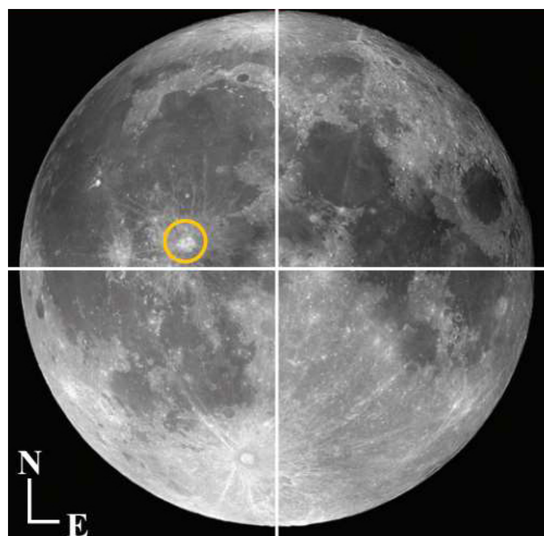
类型：环形山

大小：90千米

年龄：小于10亿年

位置：北纬9.7度，西经20度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



“月亮之王”哥白尼是一个可爱的环形山，可以观测到它有许多的中央峰。

哥白尼环形山是月球上最重要和最引人注目的环形山之一，位于风暴洋中心稍偏西北侧。无论何时在阳光照射下，它都很容易被识别，并且它是两个主要射线中心中其中一个的核心。另一个是位于南部高地的第谷环形山。在高亮度条件下，第谷和哥白尼的射线都会占据主导地位，使得其他特征难以定位。

哥白尼环形山是以伟大的波兰学者的名字命名的，他证明了地球不是宇宙的中心，地球是绕太阳旋转的。月球上主要的环形山是于1651年由耶稣学会天文学家乔瓦尼·里乔利命名的，他也绘制了第一张真正有用的望远镜观测月球图。他自然而然地将自己和自己学生格里马尔迪的名字用于显著特征的命名，但他不是哥白尼的支持者，并继续相信古老的托勒密地心说，即静止不动的地球。因此，为了表达他的蔑视，他“把哥白尼扔进了风暴洋”。他的策略失败了，他选择的环形山非常壮观，通常被称为“月亮之王”。

因为哥白尼环形山距离月面中心不远，所以它并没有受透视效应的影响，而是在每一个月相周期中大部分时间内均可见。它直径90千米，具有高耸的、美丽的阶梯峭壁。中心无单一中央峰，但在底部中央附近有几座山峰和一组山丘，其他地方都相当平坦，没有被熔岩所淹没。观测日出或日落掠过环形山和周围地区的过程是非常迷人的，整个景观在短时间内会发生戏剧性的变化。

周围的射线至少延伸了805千米，并且重叠了来自其他环形山的射

线，尤其是开普勒环形山，所以它们必然更年轻。哥白尼产生在晚期重轰炸后，可能还不到10亿年。这些射线与第谷射线不同，第谷射线是长的、线性的、有规律的排列，而哥白尼射线系统则不那么规则，给人以与环形山相切的感觉。这里还有小型次级环形山，该区域是丘陵地带。

哥白尼非常明亮，因为在月球的时间尺度上，它是如此的年轻，它没有因为太阳风或者微陨石轰炸的影响而变暗。这些射线系统是表面沉积物，并且直到太阳远远超过它们的地平线时才会出现。

在哥白尼的东北部，距离亚平宁山脉的尽头不远处，有一个直径58千米的厄拉多塞环形山，它非常像一个略小版本的哥白尼，除了没有射线系统之外。在厄拉多塞的西南方向，我们发现了史塔杜斯环形山，它必定曾是一个巨大的阵列，但已被熔岩所淹没，沦为幽灵状态。它的峭壁在合适的光照条件下是可以追踪到的，但是没有任何一处可以上升到十数米的高度。

1966年，当刚刚开始使用航天器来绘制月球地图时，在美国国家航空航天局（NASA）的月球轨道飞行器2获取的图像中我们看到了哥白尼环形山的斜视图。它广受赞誉，别称为“世纪画卷”，当今它仍旧值得一看，也很容易理解为什么这个环形山配得上它的称号——月亮之王。

探索月球穹顶

追踪月球表面的这些神秘特征，一瞥月球过去的火山活动。

文：皮特·劳伦斯



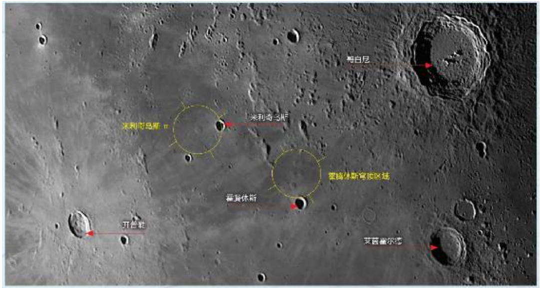
环形山可能更容易被发现，但是观测月球穹顶同样有趣。

在下次练习使用望远镜观测月球时，看看你能否发现一个月球穹顶。这些盾状火山直径为2千米~25千米，只有几百米高。看到它们可能是一个挑战：照明需要恰到好处，才能从侧面凸显出它们细微的凸起。

据说月球穹顶是在月球火山活动的后期阶段形成的。从月海裂缝中涌出的熔岩抚平了许多裂缝。随着熔岩冷却，流速下降、熔岩结晶导致了物质在流动的喷口周围堆积，其结果就是我们今天看到的穹顶，顶部的凹陷代表了现在的不活跃火山口。请继续往下阅读，你会看到一些最美的月球穹顶。

1 霍腾休斯穹顶区域





大小：6～10千米

最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

霍腾休斯穹顶区域包含6个大目标，它位于90千米宽的哥白尼环形山和32千米宽的开普勒环形山连线的中点以南。哥白尼环形山与15千米的霍腾休斯环形山以及哥白尼西南部49千米宽的莱茵霍尔德环形山形成了一个直角三角形。莱茵霍尔德环形山位于直角上。

霍腾休斯环形山并不难识别，它是定位其北方穹顶区域的关键。霍腾休斯穹顶非常难以捕捉，需要倾斜的光照才能被恰好看到。它们与霍

腾休斯Ω排成3对儿，位于霍腾休斯环形山的北部，最易于发现。其中，4个穹顶一个有中央火山口，一个有两个火山口，最后一个没有火山口。这些火山口都很小，直径约1千米～1.5千米。你需要一台254毫米（10英寸）的望远镜、非常好的观测条件和200倍以上的放大倍率才能看到它们。

2 米利奇乌斯π



大小：10千米

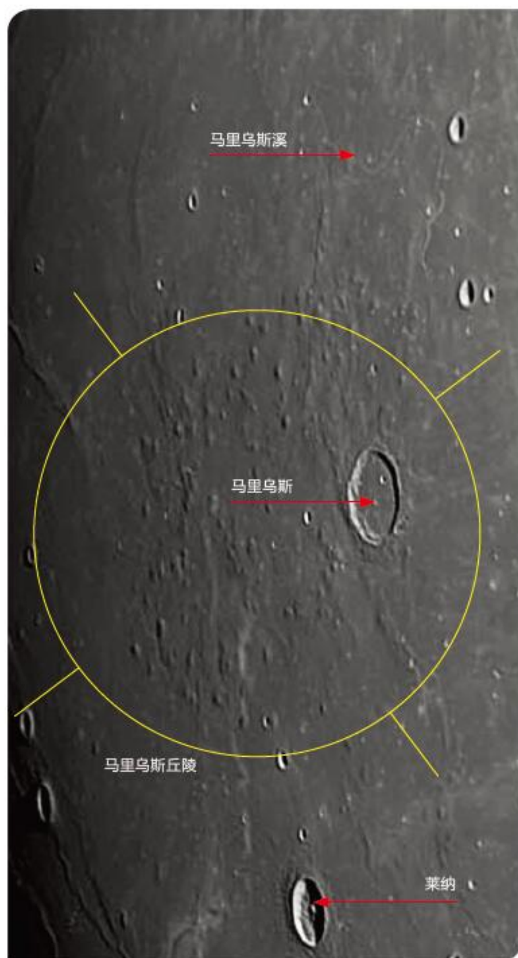
最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

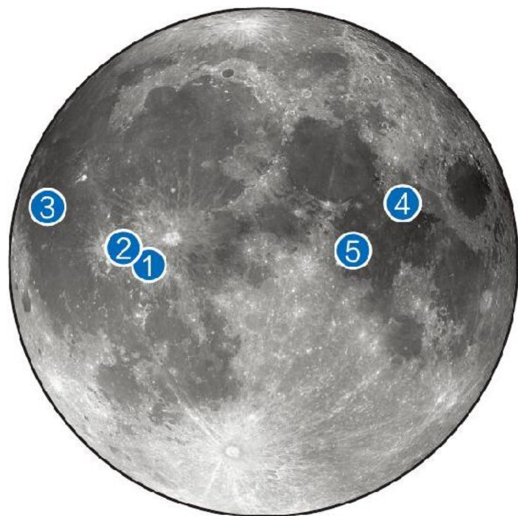
观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

从霍腾休斯环形山向北穿过霍腾休斯穹顶区域，你将会抵达一个山脉地形。慢慢向上移动抵达山区的西部边缘，找到14千米宽的米利奇乌斯环形山。在环形山的西边，是一个令人印象深刻的10千米穹顶，被称为“米利奇乌斯π”。

它大约高230米，与大多数穹顶一样，这个月球特征在外观上非常细小，但由于相对贫瘠的周围区域，在倾斜照明下它确实很突出。在良好的观测条件下，你可以使用254毫米（10英寸）或者更大的望远镜观测穹顶内1千米的中心火山口。月球穹顶没有正式的命名惯例，国际天文联合会取消了包括米利奇乌斯π在内的许多使用希腊字母的命名，但也没有提供任何替代名称。

3 马里乌斯丘陵





穹顶定位

大小：整个区域接近170千米×170千米大，典型穹顶大小为5千米～15千米

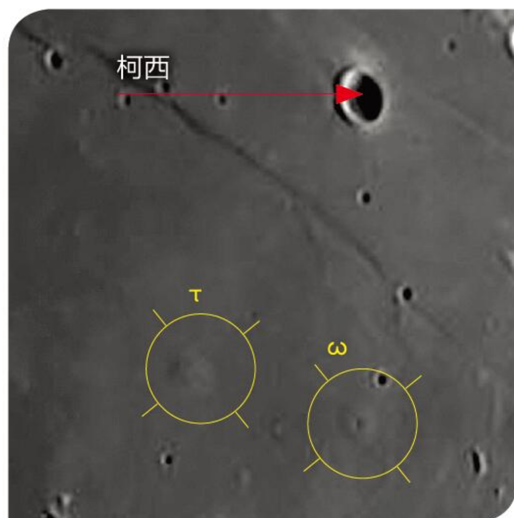
最佳观测时间：上弦月后5天或下弦月后4天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

马里乌斯丘陵是一个巨大的月球“凸起”，靠近风暴洋中直径43千米的马里乌斯环形山。它具有火山特征，其密度是月球上任何一个单独区域中最高的。

与所有的穹顶一样，这些200～500米高的特征在低照度下最容易被看到，其与风暴洋周围光滑的表面形成了鲜明的对比。被称为莱纳γ的明亮反照率地貌的北端穿过了马里乌斯丘陵。

4 柯西穹顶



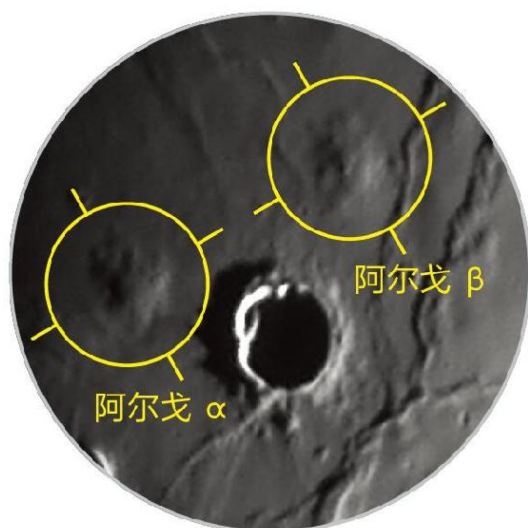
大小：12千米

最佳观测时间：新月后5天或满月后4天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

这个14千米宽的柯西环形山位于静海的东部地区，周围环绕着迷人的月球地质景观。环形山北部有一条月溪或者裂缝，南部有一条令人印象深刻的120千米长的断裂带，称为柯西峭壁。该地区还包括许多微小的穹顶，在月球日出或者日落时分更容易看到。这些穹顶中最突出的两个是τ和ω。我们可以通过较大的仪器看到ω有一个明确的中心火山口。

5 阿尔戈穹顶



大小：20千米～24千米

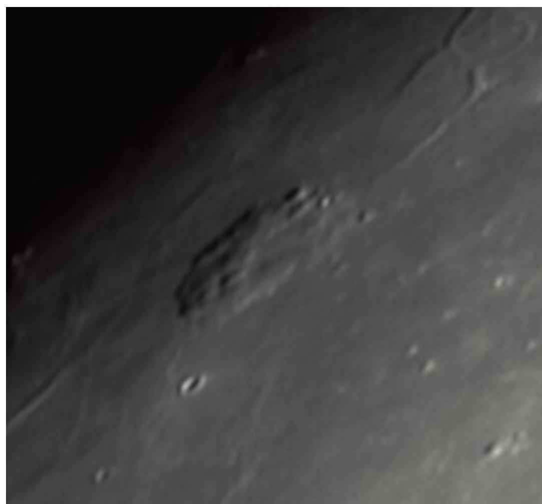
最佳观测时间：新月后5天或满月后4天

观测望远镜最小口径：50.8毫米（2英寸）

宽27千米的阿尔戈环形山位于静海的西部。尽管它的尺寸很小，但环形山内部充满了细节，包括一个阶梯状边缘和一个延伸到边缘处的山脊状中央山。

它附近有两个大穹顶。阿尔戈α横跨24千米，高度约300米。如果光线倾斜它容易被看到，同时倾斜光线也会强调穹顶是块状的而非通常光滑的形态。阿尔戈β位于阿尔戈环形山以西，直径20千米，与阿尔戈α有着相似的凹凸不平的外观。

6 吕姆克山



大小：70千米

最佳观测时间：上弦月后5天或下弦月后4天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

吕姆克山就像一个巨大的覆盆子，刺穿了风暴洋的西北部。它是一个圆形的土丘，直径70千米，高900米，但是由于透视效应，它看起来像是椭圆形的。它覆盖了大约30个月球穹顶，使这个结构的整体高度抬升到1100米。

这个巨大的穹顶群在月球上是独一无二的，作为一个整体代表了月球表面最大的穹顶相关特征。该区域的高分辨率图像显示出一些穹顶顶部可见一些微小的火山口。

7 卡普纳斯穹顶



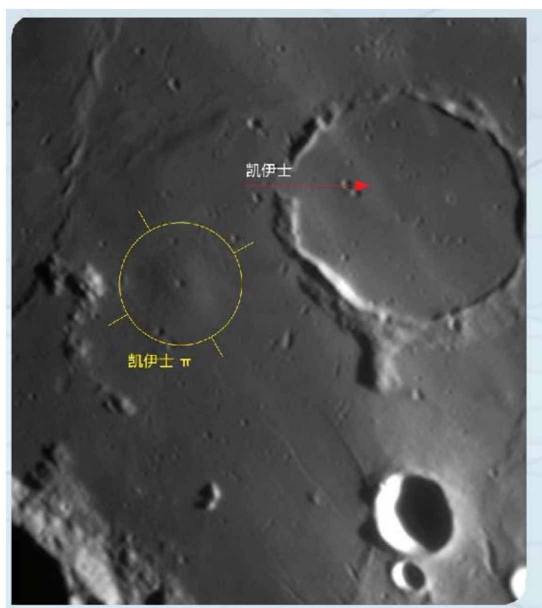
大小：6千米~10千米

最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

卡普纳斯是一个61千米宽的环形山，位于疫沼（疾病沼泽）的南岸。对于穹顶猎人来说，卡普纳斯环形山是天赐之物，因为与卡普纳斯相关的3个主要穹顶都位于其边缘内。这应该会使它们易于定位，但也面临着一个平衡，因为最好的观测时间是低照度下，但此时环形山峭壁阴影会掩盖这些穹顶。如果你试图在环形山边缘阴影最短时发现它们，那么光线的高入射角度意味着这些穹顶几乎会从视野中消失。此处共有6个穹顶，其他3个不太易于被发现，它们的大小范围为6千米~10千米。

8 凯伊士π



大小：10千米

最佳观测时间：上弦月后2天或下弦月后1天

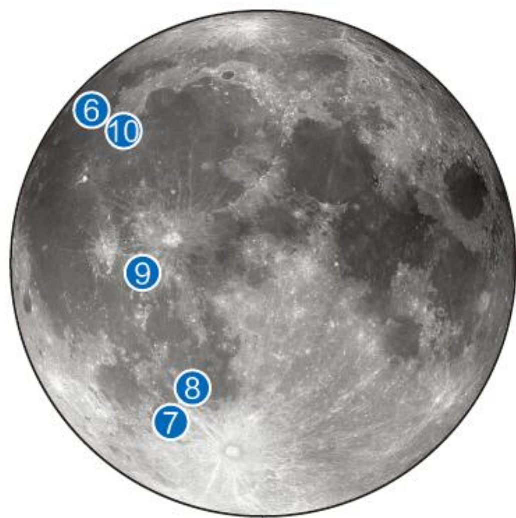
观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

46千米宽的凯伊士环形山位于云海（云之海）的西部，环形山本身相对容易辨认，因为它看起来像一把带有手柄的梳妆镜。

在凯伊士环形山的西部有两个独特的直径49千米的环形山：卡普纳斯和墨卡托。一个令人印象深刻的穹顶名为凯伊士π，它位于凯伊士和卡普纳斯中心连线的1/3处。

这是一个经典的月球穹顶，直径约10千米，高约150米。与它的直径相比，它并不高，因此，正如许多这类特征一样，你是在寻找月球表面的细微膨胀。穹顶在高照度下几乎不可见，但当接近晨昏圈时，它会显得很突出。有一个2千米的火山口位于穹顶中央。

9 兰斯伯格D穹顶



穹顶定位

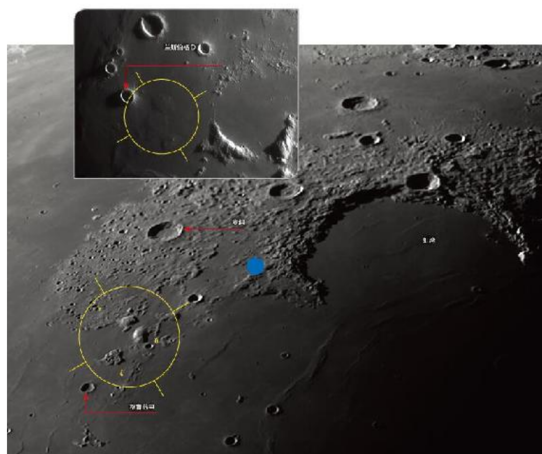
大小：15千米

最佳观测时间：上弦月后2天或下弦月后1天

观测望远镜最小口径：101.6毫米（4英寸）

从哥白尼画一条线，经过莱茵霍尔德至西南方向，最终会达到41千米宽的兰斯伯格环形山。保持前进路线，你将能够到达被淹没的20千米宽的兰斯伯格C环形山。朝西南方向经过65千米的短距离，将会带你抵达明亮的、10千米宽的兰斯伯格D环形山。在低照度下，可以在兰斯伯格D东南约25千米处看到两个大范围重叠的穹顶。在倾斜照明下，能够在附近看到无数由上升的熔岩形成的褶皱脊，为现场增添了戏剧性的效果。

10 格鲁苏申γ山



大小：20千米

最佳观测时间：上弦月后3天或下弦月后2天

观测望远镜最小口径：50.8毫米（2英寸）

容易识别的虹湾（彩虹之湾）是定位这些穹顶的关键。海湾南部明亮的高地区域，其尽头是两个独特的土岗，名为格鲁苏申γ和δ山。第三个岗被称为ζ，其也可以在另外两个土岗南部找到。

γ是最靠西和最突出的土岗，它横跨20千米，高达900米。它的外观为它赢得了一个不太讨喜但非常贴切的绰号“倒置的浴缸”。由于透视效应它看起来很短，有点像拥有圆角的直线形，其顶部有一个2千米宽的火山口。17千米宽的格鲁苏申环形山位于格鲁苏申γ山以南110千米处。

月表观测：西南象限

在西南象限，你会发现月球上最引人注目的环形山，一堵既不笔直也不是墙壁的直壁，以及一大群希腊哲学家们。



格里马尔迪环形山

文：帕特里克· 摩尔

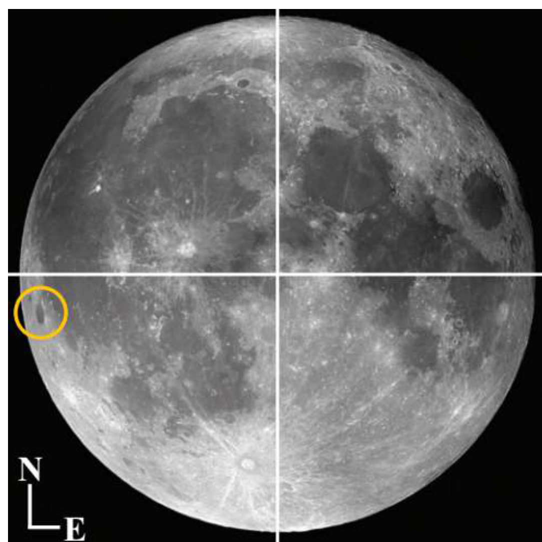
类型：环形山

大小：222千米

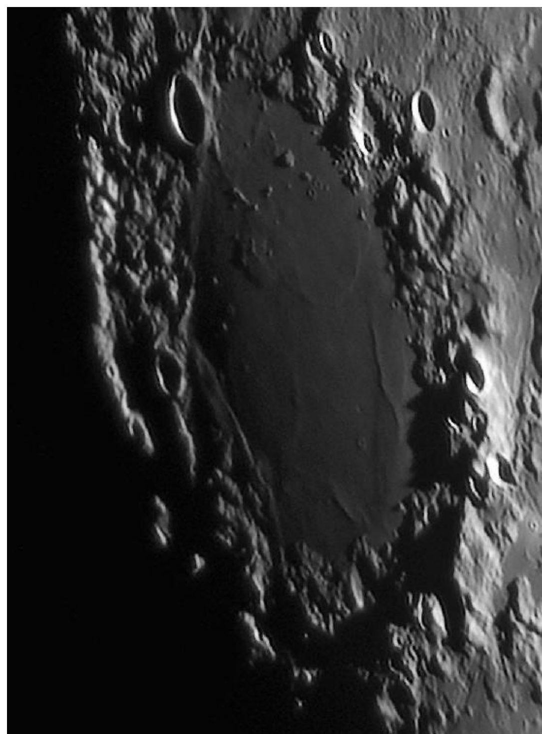
年龄：39亿年

位置：南纬5.2度，西经68.6度

推荐工具：101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



格里马尔迪环形山的底部可能是月球朝向地球一面最暗的地方。

格里马尔迪环形山是最易于识别的月球地貌之一，它距离月球西部边缘不远，在满月前不久就会进入视野，并且是新月前最后消失的特征之一。它大部分的底部都太黑暗了，无论何时阳光照射到都是如此，因此通常被认为是整个月球上最黑暗的地方。

它出现在所有的早期月球图上，包括第一个使用望远镜观测月亮的观测者托马斯·哈里奥特的月球图。哈里奥特比伽利略早了几个月进行了他的第一次观测，并制作了一张明显优于伽利略的月球图。直到1999年，我才找到了一个它的副本并将其发表在BAA杂志第73卷上，它也出现在了我的书中。现代月球特征命名体系始于乔瓦尼·里乔利1651年的月球图；毫不奇怪地，他以自己和自己的学生弗朗西斯科·格里马尔迪的名字命名了两个突出的特征。然而，他确信地球是太阳系的中心，这也解释了为什么伽利略仅仅代表了一个小环形山。

虽然格里马尔迪通常被列为环形山，但它其实是一个复杂的结构。如果它远离月球边缘，它很可能被称为小型月海，或者至少是一个盆地，尤其是当轨道航天器在它下面找到了一个“质量密集区”时。质量密

集区是质量浓度的缩写，是一个大于平均密度的地下区域，类似于雨海和澄海的常规月海都有清晰的质量密集区。格里马尔迪非常古老，属于前酒海纪，所以它的年龄不会少于39亿年。其内部峭壁长约140千米，受损严重，已经沦为不规则的山丘、山脊和山峰，不过有些地方山峰至少上升到2千米高。峭壁之内是黑暗的盆地区域，相对来说没有什么特色。在盆地之外是散落的外围峭壁残留物，但其封闭起来的区域仍然要比周围表面暗得多。

格里马尔迪是大风暴洋靠近月球边缘一侧的各种地质结构中最大的一个。其他成员是里乔利、希维尔和卡瓦勒里斯。里乔利与格里马尔迪同属一种类型，只是个头更小一些；它的底部区域几乎与格里马尔迪同样暗，而希维尔有一个凸起的底部和一个中等高度的中央峰。希维尔内部和附近有月溪和月溪系统。

在格里马尔迪也曾观测到月球瞬变现象，虽然还没有明确证实这些报告是前后一致和令人信服的。它们中的大多数都是以局部昏暗的形式出现的，光谱观测也发现了偶尔的气体发射，因此该区域非常值得监测。

格里马尔迪在每个月相周期中的大部分时间均是可见的，但必须考虑天平动条件。那些更接近月球边缘的环形山，例如施吕特和哈特维希，都被透视效应严重缩短以至于很难研究。

它出现在所有的早期月球图上，包括第一个使用望远镜观测月亮的观测者托马斯·哈里奥特的月球图。哈里奥特比伽利略早了几个月进行了他的第一次观测，并制作了一张明显优于伽利略的月球图。直到1999年，我

在格里马尔迪也曾观测到月球瞬变现象，虽然还没有明确证实这些报告是前后一致和令人信服的。它们中的大多数都是以局部昏暗的形式出现的，光谱观测也发现了偶尔的气体发射，因此该区域非常值得监测。

格里马尔迪在每个月相周期中的大部分时间均是可见的，但必须考虑天平动条件。那些更接近月球边缘的环形山，例如施吕特和哈特维希，都被透视效应严重缩短以至于很难研究。

弗拉·毛罗

文：帕特里克·摩尔

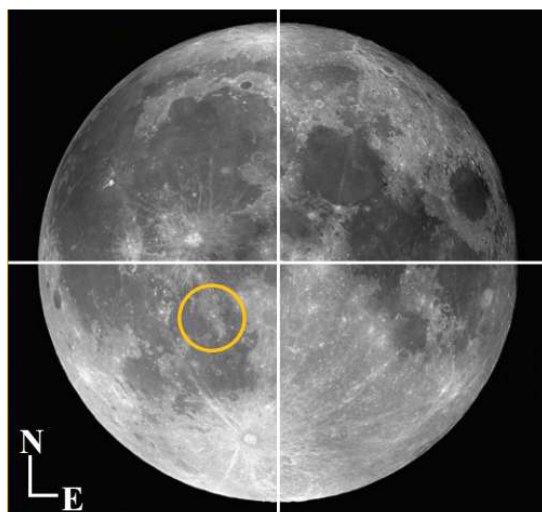
类型：有环壁的高地

大小：95千米

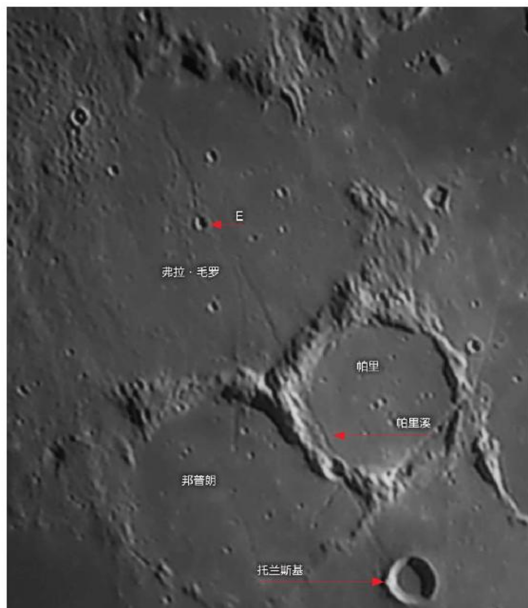
年龄：39.2亿~45.5亿年

位置：南纬6.0度，西经17.0度

推荐工具：口径101.6~152.4毫米（4~6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



弗拉·毛罗的峭壁已经残破不堪，它只是作为一个“幽灵”逃脱了分类。

弗拉·毛罗是云海中3个古老的、有环壁的平原中最大的一个，在现代月球图上毗邻名为知海的区域，这个小组的其他成员是邦普朗和帕里。它是以威尼斯地理学家弗拉·毛罗的名字命名的。

它的位置意味着它在每个月相周期中的大部分时间里都是被阳光普照的，尽管它的峭壁已经残破不堪，但很容易辨认。它必定曾是一个宏伟的结构，但是现在它只是脱离了分类而被归入“幽灵”。在其东南方向，峭壁的最高高度不超过70米，而在其他地方，其边缘只是由低而不规则的矮脊构成。

弗拉·毛罗的底部被熔岩淹没，与相邻的地面处于同一高度。底部有几个小火山口，其中之一是靠近中心的弗拉·毛罗E，但是没有明显的山丘。一个突出的月溪从北墙向南延伸，而后分叉，因此它实际上延伸到达了邦普朗和帕里的内部。

邦普朗是该三结构小组的南部成员，横跨97千米，北面与弗拉·毛罗相连，东面与帕里相接。它受到的破坏比弗拉·毛罗要小，但是它的峭壁海拔不高，并且底部也已经被熔岩淹没。其有几个内部环形山，连同月溪从南至北穿过边缘，直至延伸到弗拉·毛罗。7千米宽的邦普朗E环形山位于知海西侧，为纪念荷兰天文学家杰拉德·柯伊伯而被重新命名为柯伊伯，其是太阳系研究先驱。

该小组的第三个成员是48千米的帕里环形山，它与弗拉·毛罗和邦普朗相连。它被熔岩淹没的底部是平的，只有几个小坑洞（试试看你能找到几个）。帕里的南部是一个小环形山，以前被称为帕里A，但后来以我的老朋友，阿波罗计划的首席研究员萨姆·托兰斯基的名字命名为托兰斯基。它几乎有1千米深，底部比弗拉·毛罗三结构组更暗。

1964年，NASA的“游骑兵”7号航天器从邦普朗的西南方向降落，传回了4000多幅图像，而后阿波罗13号计划前往弗拉·毛罗地区。1971年2月，阿波罗14号宇航员艾伦·谢波德和埃德加·米切尔在此安全着落，进行了9个小时的月球漫步，并采集了样本带回地球。他们是第一次也是唯一一次使用了模块化设备车“卡特”覆盖3.4千米的区域。弗拉·毛罗结构组是非常值得观测研究的，尤其是在太阳升起或降落的时候。

欧几里得环形山

文：帕特里克·摩尔

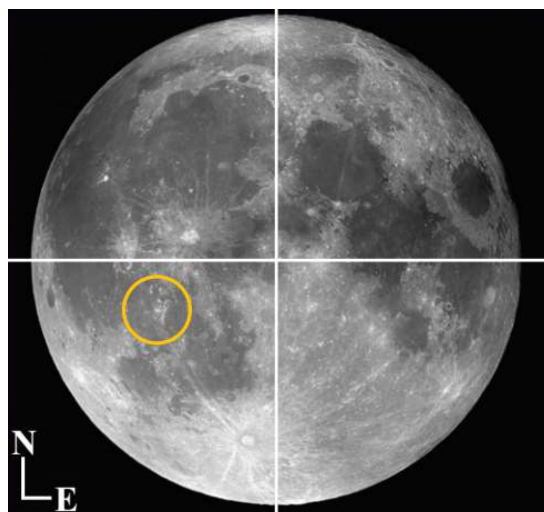
类型：环形山

大小：12千米

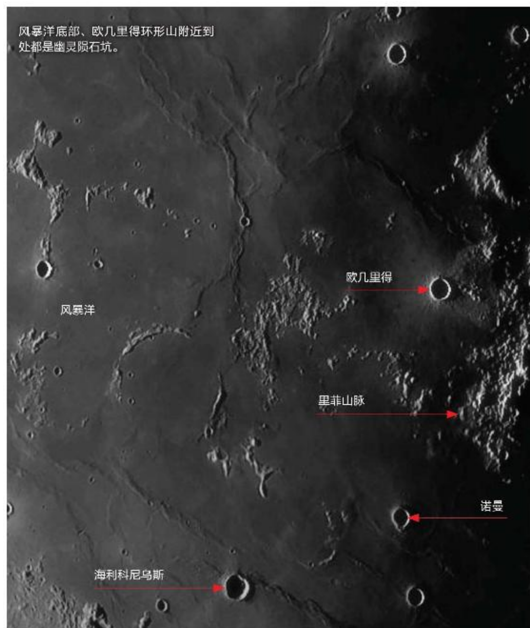
年龄：小于11亿年

位置：南纬7.4度，西经29.5度

推荐工具：152.4毫米（6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



欧几里得环形山非常小，仅有12千米宽，但被喷射物的条纹所包围，使得在高太阳光照条件下，它成为月球上最明亮的物体之一。像许多其他的撞击坑一样，它呈碗状，有一个规则的圆形边缘，这表明按照月球标准它是非常年轻的，可能形成于哥白尼纪。它以伟大的希腊几何学家欧几里得的名字命名。

其官方标称深度为1.3千米，但可能被略微低估了（根据我的视觉阴影方法，我将其定为1.5千米）。除了周围的浅色物质，它是一个完全正常的小环形山。欧几里得位于里菲山脉以西30千米处，很容易找到，因为它非常“独立”，靠近它的地方没有其他的环形山或火山口。我曾试图寻找过其中央峰，但是未能找到，如果它存在的话（我对此表示怀疑），它可能只是一个低矮的小山丘。

里菲山脉短而低矮，乌拉尔山位于其北面，最高峰不超过1千米，它们不像亚平宁那样连成山脉区域。

其南面是10.3千米宽的诺曼环形山，以16世纪发现地球磁场倾角的英国水手罗伯特·诺曼的名字命名。诺曼与欧几里得相似，但不够明亮。另一个大小相同的环形山被以一位著名的医学专家埃平格的名字命名，但后来人们发现，埃平格是一名狂热的纳粹分子，他曾在德国集中营中对囚犯进行过不人道的实验。因此他被匆忙地从月球上移走，环形山又回归了欧几里得D的命名。

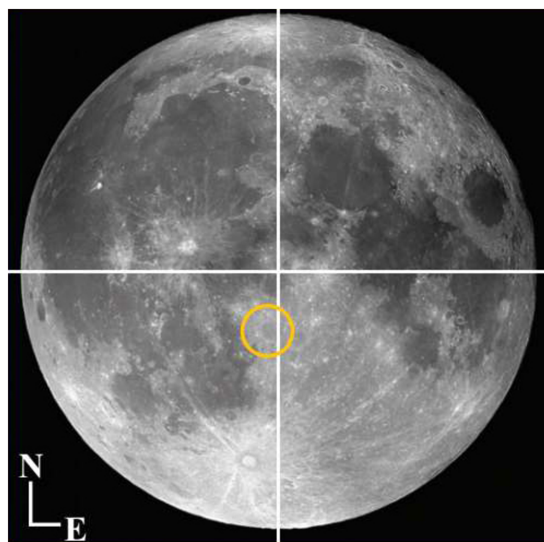
风暴洋东南部有丰富的低矮山丘，许多都是丘陵和山脊。虽然缺乏大型结构，但整个区域非常值得观测，尤其是在低太阳照射角时。15千米宽的海利科尼乌斯环形山与著名的伽桑狄环形山之间还有一条蜿蜒的狭长月溪，它相当地难以捕捉，但很值得一探究竟。可以跨越整个区域寻找被熔岩淹没的“幽灵环形山”——这里有很多。

风暴洋本身就是月球上最大的海洋，但即便如此，它也小于我们的地中海。它不像雨海或者澄海那样占据了一个轮廓清晰的盆地，给人一种溢出的印象。尽管它肯定与古代结构有关，但这些结构现在已经完全埋藏在了其边缘痕迹之外。因此，何不去寻找这些“幽灵”呢？

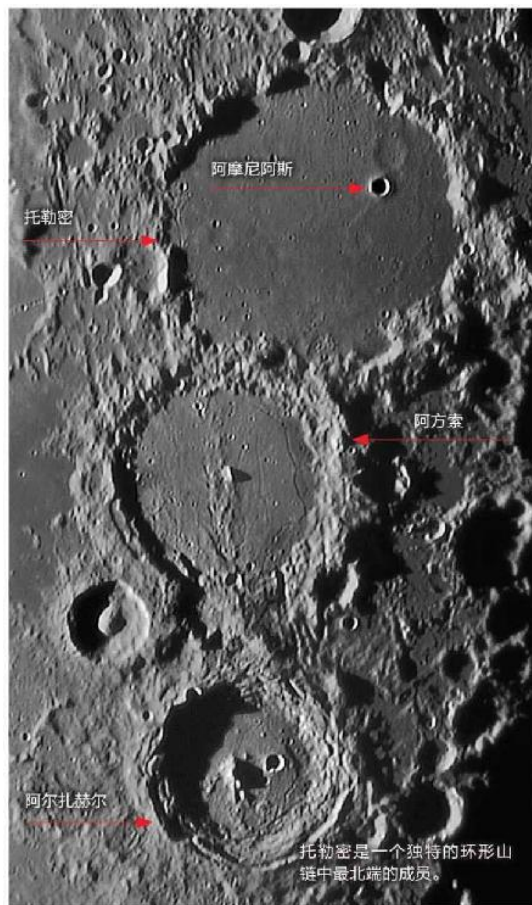
托勒密环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：153千米
年龄：小于39.2亿年
位置：南纬9.2度，西经1.8度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



托勒密是月球上最著名的环形山之一，它是以克劳狄斯·托勒密的名字命名的。托勒密是古希腊可考的最后一位最伟大的天文学家。1651年乔瓦尼·里乔利命名了这个环形山，它出现在了所有的早期月球图中，并且由威廉姆·比尔和约翰·海因里希·范·马德勒在1838年详细描绘。

托勒密位于月面中心附近，因此可以在一个月相周期中的大部分时间内看到，尤其是在上弦月和下弦月前后的几天里。它的大尺度和灰色的底部使其很容易被找到，尽管其在高照度下并不容易被发现。环形山的形状大致呈圆形，但其壁垒较低且不规则；其西北边缘的最高峰N，海拔达2.9千米。环形山底部被熔岩所淹没，没有中央峰，托勒密显然是古老的，可以追溯至大轰炸时代。

这种构造通常被称为是“有环壁的平原”，其底部仅有的主要特征是拥有低矮边缘、呈碗状、直径9千米的阿摩尼阿斯环形山（以前称之为托勒密A），位于托勒密中心东北约10千米处，使用任何望远镜都能很

容易看到，它差不多有2千米深。

在低照射角下，托勒密是非常壮丽的，其边缘高峰投射出阴影。当太阳升高后，可以看到一些小陨石坑，以及几个“幽灵陨石坑”——古老的构造被熔岩淹没，现在几乎无法追寻。托勒密B即是这些“幽灵”中的一个，直径17千米，位于阿摩尼阿斯以北。

托勒密是3个大结构组成的结构链中的北部成员。中央成员阿方索环形山底部有一个低矮的中央峰和一个月溪系统。南部成员阿尔扎赫尔则有更高的壁垒且形状更加规则，拥有一个突出的中央峰。阿尔扎赫尔是三者中最小的，也可能是最年轻的。阿方索区域报告有月球瞬变现象，但是托勒密和阿尔扎赫尔区域没有。

尽管托勒密的底部平滑，壁垒低矮，但它并不是早期载人登月月球基地的最佳选择，因为它靠近月球赤道，这里的极端温度变化远不理想。然而，在未来，似乎没有理由不在那里建立基地。有趣的是，若从环形山中心附近的地面上看，你甚至都不能看到外部壁垒的最高山峰，它们远远低于你的地平线；但是从那里看，我们的地球将会高高地出现在天空中，看起来将会非常壮观。

在下一次晴朗的夜里，包括托勒密在内的环形山链被阳光照射时，寻找这些巨大的环壁平原是非常值得的。当底部被部分遮挡时，双筒望远镜就能够清晰地显示它们；甚至是太阳高高升起，底部几乎没有阴影时，使用任何望远镜你也能够找到它们。毫无疑问，拥有破碎的壁垒、光滑的底部和内部幽灵陨石坑，托勒密是月球上最引人入胜的环形山之一。

伽桑狄环形山

文：帕特里克·摩尔

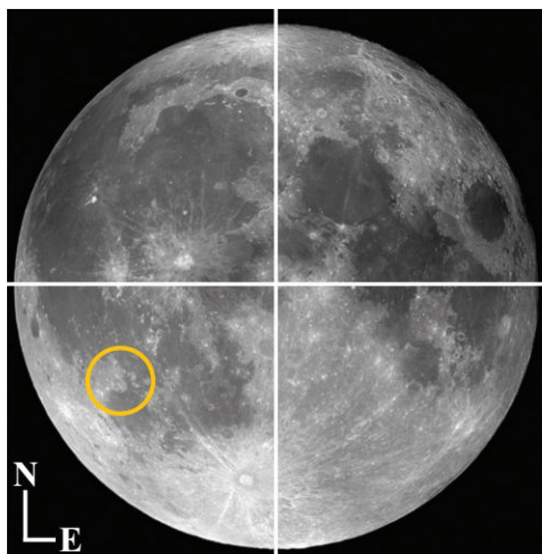
类型：环形山

大小：114千米

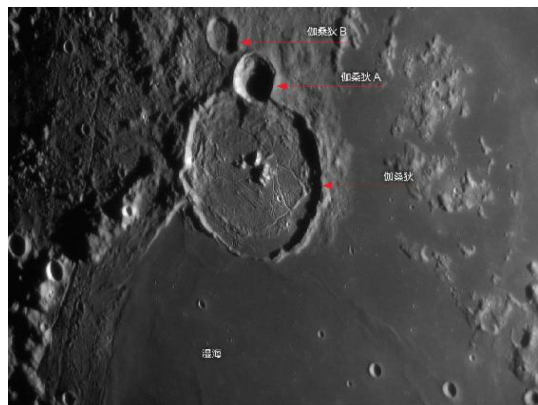
年龄：大约40亿年

位置：南纬17.5度，西经39.9度

推荐工具：152.4毫米（6英寸）天文望远镜



在哪里找到它



伽桑狄拥有一组中央峰，是一个值得反复观测的引人注目的环形山。

伽桑狄非常容易识别，而且特别有趣。它以法国天文学家皮埃尔·伽桑狄的名字命名，伽桑狄常与伽利略通信并且是哥白尼理论的坚定支持者，他也是第一位观测水星凌日的人。

伽桑狄环形山位于湿海北部边缘，因此在满月之前就会进入视野，直到下弦月之后仍然可见。它在任何光照条件下都是可见的，并且是月球摄影师最喜欢的一个目标。它在月海形成期间被淹没，尽管其壁垒显示出侵蚀的痕迹，但除了与34千米宽的伽桑狄A毗邻的一小段外，它仍旧是完整的。它的年龄肯定在40亿年左右。

其轮廓是圆形的，并且远离月球边缘，因此没有明显的透视效应。其底部覆盖着凝固的熔岩，有几个明显的山峰分布在中央附近，而非一个明确定义的中央山脉，其中最高峰大约海拔1.2千米。

即使是一台小望远镜也能够显示出整个内部的小山丘和崎岖不平的区域，以及底部南部一个与外缘同心的山脊。壁垒本身并不是特别高或陡峭的，但有几座山峰高出底部最深处约1.6千米的高度。

伽桑狄内部最明显的特征是月溪系统。它们在底部纵横交错，当观测条件适宜时很容易看到。很少有其他环形山具有如此复杂的月溪系统。

在伽桑狄及其附近有很多关于月球瞬变现象的报道，尽管它们很小，也不常发生，但现在人们普遍认为它们确实存在，特别是在富含月溪的区域（例如阿里斯塔克和阿方索环形山）。1966年4月30日，伽桑狄区域发生的一次事件是由几个观测站在不同的地点观测到的；我使用口径381毫米（15英寸）的反射望远镜记录，它呈现为一条从内壁延伸

到接近底部中央的楔形红橙色条纹。寻找月球瞬变现象非常诱人，但成功是偶然的，你必须要非常小心地球大气带来的影响，人们非常容易被其欺骗。

伽桑狄周围有一些卫星环形山，但仅有A和B直径超过16千米。在一些月球图中，伽桑狄的名字是“克拉克森”，以英国业余天文爱好者罗兰·LT·克拉克森的名字命名，但其并不在国际天文学联合会的官方名单中。其南部仅有几个小环形山。

可以说，伽桑狄是月球上最有吸引力的环形山之一，非常值得关注。随着太阳照射角度的变化，其形貌发生了惊人的变化，连续几晚拍摄照片将会非常有价值。

直壁

文：皮特·劳伦斯

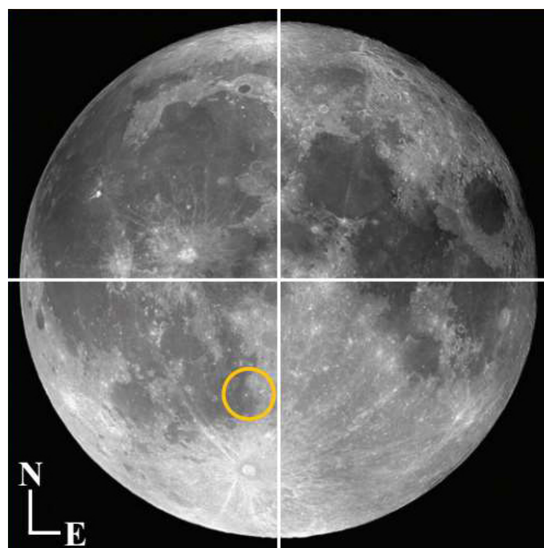
类型：线性断层

大小：长110千米，宽2~3千米

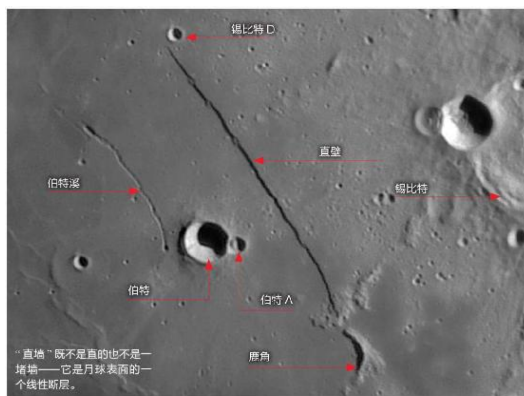
年龄：32亿~39亿年

位置：南纬20.0度，西经7.7度

推荐工具：口径76.3毫米（3英寸）天文望远镜



在哪里找到它



“直墙”既不是直的也不是一堵墙——它是月球表面的一个线性断层。

直壁，也被称为“直墙”，是一个最奇特的线性特征。其大致位于月球表面垂直的中心线上。当照明适宜时，我们很容易使用小望远镜看到它，在这里，照明确实是非常重要。

在太阳位于合适的高度角时，直壁变得非常明显。在上弦月的第二天，升起来的太阳使它在西边投下了一个黑暗的阴影，给人以它必然是一个高大悬崖的印象。随着月亮进入下弦月阶段，太阳光从另外一侧照亮了直壁，使其看起来非常明亮。

造成这种差异的原因是，直壁根本不是墙或者悬崖——它是一个斜坡。当上弦月第二天，太阳的光线从东方照射过来时，较高的东侧和较低西侧间的高度差足以形成阴影并吞没斜坡——因此出现了黑暗的“线性”的外观。在下弦月时，傍晚的太阳光线从西边照射进来，恰好落在了斜坡上，所以它不再是阴影而是被照亮了。

令人惊讶的是，从地球上看似如此壮观的斜坡实际上是相当和缓的，倾角估计在10度左右，上升到0.3千米海拔。直壁是所谓的线性断层的一个例子，其西侧表面相对于东侧表面下降了。尽管它被认为是直的，但是用大型望远镜观测会显示出断层存在扭结。

直壁从西北偏北到东南偏南方向跨越了大约110千米，穿过了一个未命名的破损环形山。它起始于5千米宽的锡比特D环形山附近，最后在南部的群山中结束。这条山脉的一部分包含了一种奇特的新月形特征，有时也被称为“鹿角”。如果想象力良好，这也可以看成一柄弯刀的手柄，直壁代表刀片。

你可以在云海东部边缘找到它，在60千米宽的锡比特环形山以西94千米处。紧靠断层西边的是17千米宽的伯特环形山，西北方向不远处是伯特溪，看清它们比直壁要困难得多，需要304.8毫米（12英寸）或更

大的望远镜。

锡比特环形山

文：帕特里克·摩尔

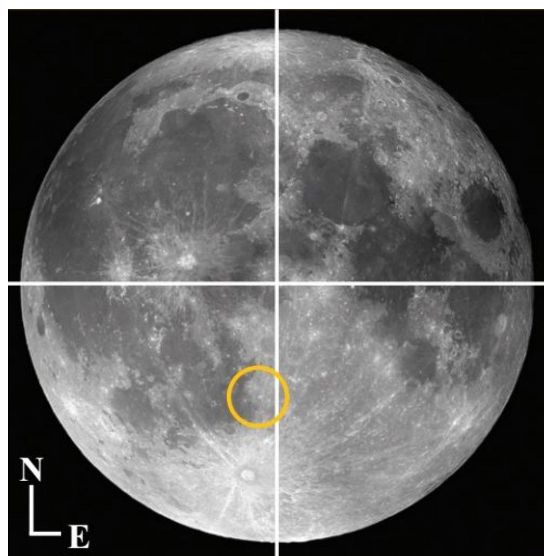
类型：环形山

大小：60千米

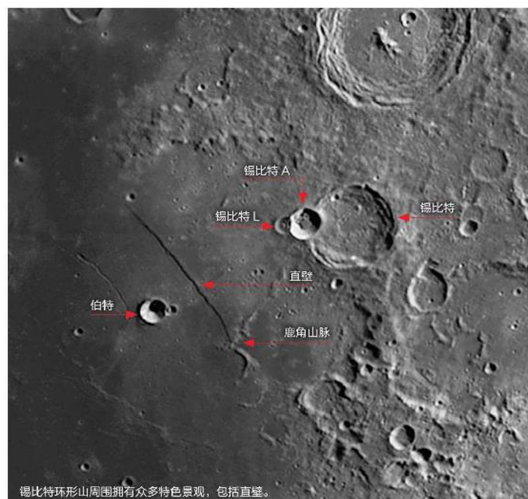
年龄：超过30亿年

位置：南纬22度，西经4度

推荐工具：203.2毫米（8英寸）天文望远镜



在哪里找到它



锡比特环形山周围拥有众多特色景观，包括直壁。

锡比特环形山位于云海东南海岸的山区中，它以阿拉伯天文学家锡比特·伊本·昆拉的名字命名，因将托勒密的伟大著作《天文学大成》翻译成阿拉伯语而广为人知。锡比特环形山直径只有60千米，但很容易找到。

它靠近环壁平原阿尔扎切尔和普尔巴赫，当月亮超过半个圆面时均可见。它形状相当圆，深度超过3.2千米，壁垒呈阶梯状。它几乎可以肯定是在前雨纪形成的，所以它的年龄已经超过30亿年了，其底部粗糙，但没有中央峰。

其西侧壁垒被形状完好、碗状的锡比特A环形山所打破，而锡比特A本身也被9.6千米的锡比特L打破了——一个明显的三重奏，遵循“较小的打破形成更大”的常规，尽管在这种情况下，锡比特L的外壁几乎与锡比特A的外壁重叠。值得注意的是，锡比特L有一个中央峰，观测它通常被认为是对小型望远镜的测试，虽然我发现在良好的观测条件下，我的口径76.3毫米（3英寸）折射望远镜就已经足够了。

锡比特是月球上最著名的特色景观之一直壁的最佳指南，直臂的名字并不恰当，因为它并不是完全笔直的，而且也不是一堵墙。西边的月海表面比东部低近300米，所以所谓的“墙”只不过是110千米长的巨大断层。直臂被昵称为“铁路”，在17世纪，天文学家克里斯蒂安·惠更斯写道，它就像一把剑。它起始于被称为鹿角的山丘中，结束于北方的一个小环形山。要找到它，低倍放大率就足够了，找到了锡比特之后向西看。

在直壁的另一边是直径18千米的伯特环形山，它的壁垒也被一个较小的环形山所打断。缺乏经验的观测者会将伯特和锡比特混为一谈，但伯特集团中没有第三名成员，而且外侧有一条著名的月溪。在你研究这片区域的过程中，你会发现随着月相周期观测它是非常有趣的。

锡比特在上弦月后很快会出现，接着是直壁，它显示为一条暗线，因为它在西边的低地上投下了阴影。随着满月接近，直壁变得难以辨别，而锡比特和伯特都相当深且永不会完全消失，鹿角山脉也可以被追踪。而后直壁重新出现，这次是一条明亮的线，而不是一个陡峭的悬崖，因为阳光照射在它的倾斜面上。最后到下弦月阶段，夜幕降临，锡比特是第一个陷入黑暗的景观，而后是直壁，最后是伯特。

同样还要注意，周围又一些“鬼环”，其中一个被称为“古锡比特”。沿着云海的海岸还有很多细节，但最重要的是直壁，其肯定会成为未来的重要旅游景点。

湿海

文：皮特·劳伦斯

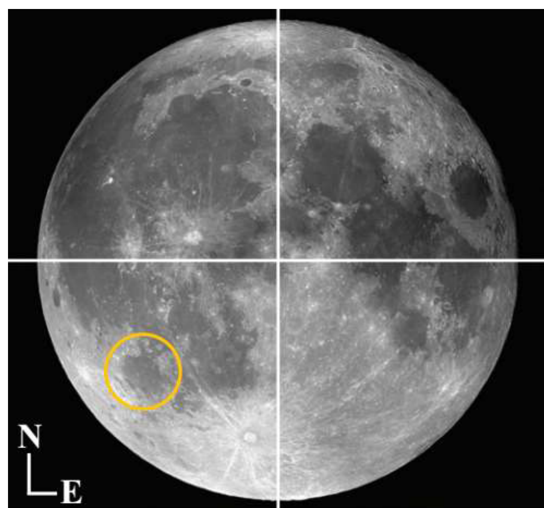
类型：月海

大小：390千米

年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：南纬24度，西经39度

推荐工具：76.3毫米（3英寸）天文望远镜



在哪里找到它

湿海，或称潮湿海洋，是一个圆形的特征，从地球上看时，由于透视效应它缩短为椭圆形。乍看之下海面显得相当规则，但仔细观测后会慢慢显露出来更多的细节。

例如，在倾斜照明下，月海的东部有一组同心的纹脊，与海岸平行。此类月海的形成过程起始于一个巨大的撞击而使月球地壳破裂。而后岩浆从下面的裂缝中涌出，撞击形成的凹陷中充满了熔岩。熔岩冷却时会弯曲，形成盆地边缘呈同心状的低矮山脊。在高照射角度下，山脊很难被发现，但当光线从侧面照射时，它们抬升的高度会使其投射出阴影。

月海岸边，穿过东南部纹脊的是一系列被称为希帕罗斯溪的月溪。这些月溪之间是一个孤岛，它周围环绕着熔岩平原，即开尔文海角。它的东南侧是被称为开尔文峭壁的山脉，以威廉·汤普森·开尔文爵士的名字命名，是另一个似乎与湿海海岸平行的特征。

月海的底部到处都是小陨石坑，其中最大的直径约10千米，最突出的环形山坐落在月海的北部和南部海岸。在南岸，66千米宽的多佩尔迈尔环形山似乎沉入了月海熔岩中。多佩尔迈尔环形山的南半部边缘和它的中央山峰都很清晰，然而其北部边缘消失在了月海熔岩之下。多佩尔迈尔东部是26千米的皮瑟环形山，这个环形山缺少像其邻居那样的宏伟中央峰，其底部完全被湿海的熔岩所淹没。然而，皮瑟环形山的整个边缘都在月海的底部地面之上，形成了一个被称为“幽灵坑”的特征。

湿海北岸以114千米宽的伽桑狄环形山为标记，在它的边缘是被称

为伽桑狄溪的裂缝网络、各种山丘和一座双峰山。在西岸，一片山脉蜿蜒在伽桑狄的南部和西部，在它和月海底部之间有一个由粗糙材料筑成的“海滩”，海滩尽头就是平滑的月海。海滩两侧有一个陡坡或悬崖，它在伽桑狄边缘附近可见，而后消失了约110千米，然后重新出现并几乎一直延伸到多佩尔迈尔。

皮塔图斯环形山

文：皮特·劳伦斯

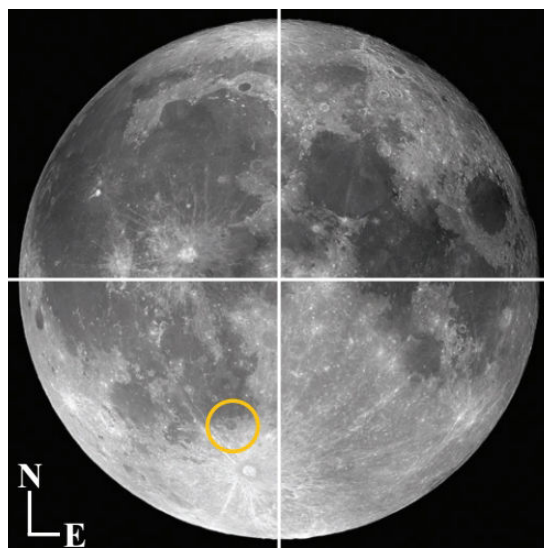
类型：环形山

大小：98千米

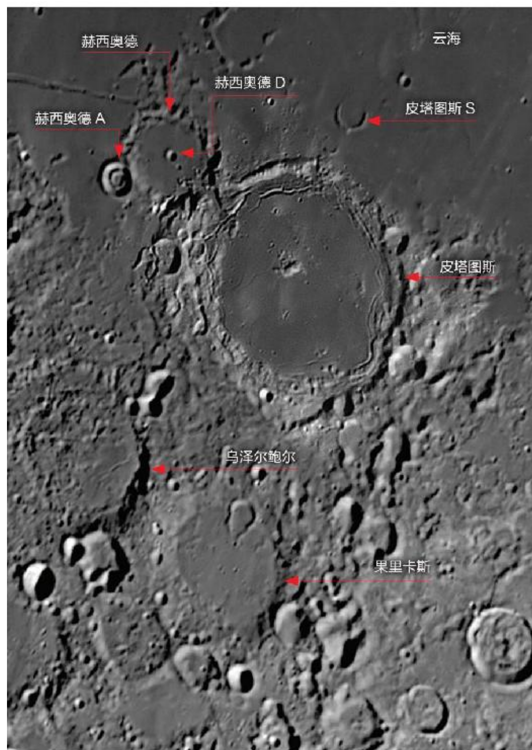
年龄：38.5亿~39.2亿年

位置：南纬29.9度，西经13.5度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



皮塔图斯环形山是云海南端的一个古老而突出的地貌，它看起来几乎是大海的延伸。在许多情况下，大型、高壁的环形山靠近熔岩盆地的边缘，盆地熔岩突破了壁垒，重新铺设了环形山底部的地面。以皮塔图斯为例，人们相信熔岩是从环形山内部涌上来的。

皮塔图斯3/4的八角形边缘被向北侵蚀，其平滑的底部有一座中央小山。山脉北部有一片崎岖不平的丘陵地带，但地面其余部分相对平坦，仅有几个小陨石坑和微小穹顶，当晨昏线靠近时可以看到。

在更接近边缘的地方，事情开始变得更有趣起来。一条奇怪的裂缝，或称月溪，与其平行。在天气稳定的情况下使用一台254毫米（10英寸）的望远镜，可以在靠近其北部边缘处发现这条月溪，它沿着环形山的内部轮廓向东，而后向东南方向延伸。在高分辨率图像中，你几乎可以一直跟踪这个裂缝，一条细细的月溪似乎连接了边缘到西南方向的中央山脉。

其西部边缘很奇怪，因为它似乎被挖出来了；这就好像一个巨大的手指沿着它移动，造成了一个凹槽。仔细观测发现，这是一排小陨石坑的痕迹，轨迹完全与边缘的曲线一致。

射线状的第谷环形山位于皮塔图斯南偏东410千米处。在满月阶段，明亮的第谷环形山（86千米宽）和黑暗的皮塔图斯环形山（98千米宽）看起来就像是彼此的底片。当太阳高挂在月球的天空时，皮塔图斯的底部看起来很暗，但仔细观测，你应该能够看到来自第谷环形山的明亮喷射物。第谷的年龄大约是皮塔图斯的1/3。

皮塔图斯在西边与赫西奥德（43千米）环形山相接。它们通过边缘处的一个缝隙相连接。赫西奥德中心有一个5千米长的小陨石坑，名为赫西奥德D。然而，真正值得探讨的是赫西奥德A（15千米），它靠近母环形山的南壁，其底部包含有两个同心环。

位于皮塔图斯中心以北73千米处是一个名为皮塔图斯S的极好的马蹄形环形山。在这里，一个完美的圆形环形山被湿海熔岩所淹没。然而，并非整个环形山都消失了——仍然可以看到一个精致的半圆形环形山壁垒。

虽然皮塔图斯非常古老，但在它的南部有两个更古老的环形山，分别是果里卡斯（80千米）和乌泽尔鲍尔（88千米）。果里卡斯有一个光滑的圆形横截面边缘，围绕着一个平坦的环形山底部；乌泽尔鲍尔看起来非常古老，它的边缘轮廓模糊而且参差不齐，其底部古老并且风化严重——与它的邻居对比非常粗糙。

德斯兰德

文：皮特·劳伦斯

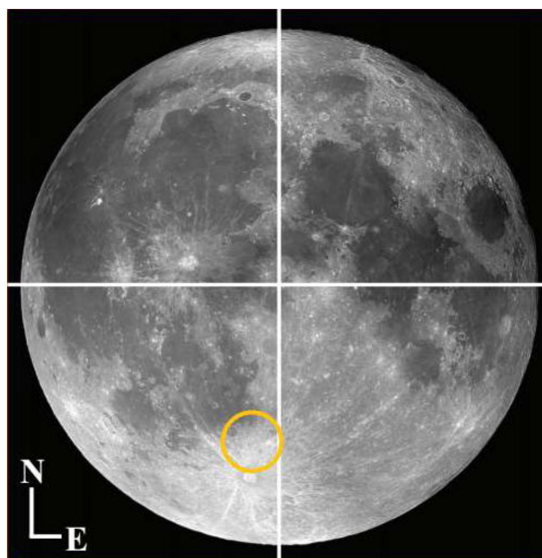
类型：环壁平原

大小：240千米

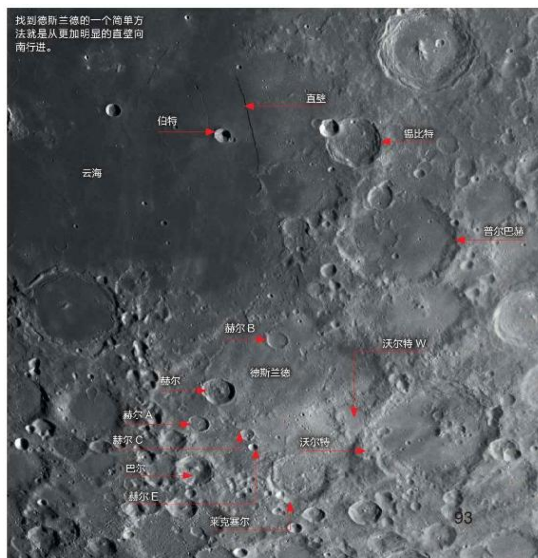
年龄：39.2亿~45.5亿年

位置：南纬32.5度，西经5.2度

推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



德斯兰德是一个环壁平原——一个广阔的、被一个严重侵蚀的火山口边缘模糊轮廓包围着的月球表面。它位于著名的直壁南部，闻名遐迩的第谷环形山东北250千米处。

熔岩淹没的德斯兰德地面被一些有趣的地貌所覆盖，最突出的是靠近西部边界的34千米宽的赫尔环形山。德斯兰德曾以赫尔平原的名字命名，这本身就是对这个环形山突出位置的认可。它是以18世纪匈牙利天文学家马克西米利安·赫尔的名字命名的，其陡峭的壁垒环绕着一座偏移的中央峰。

坐落于德斯兰德地区的大多数环形山和陨石坑的命名都与赫尔相关。北面是22千米的赫尔B，它很有趣，因为它仅仅是一个边缘，除了西南角的一个小坑洞，赫尔B的底部非常平坦，与德斯兰德地面相协调。

同样值得注意的是，位于赫尔东南方的一个未命名环形山，尺寸与赫尔相似或稍大。这是一个幽灵陨石坑，在直射照明下很难被看到，但在晨昏线附近并且倾斜照明时可见。在德斯兰德内部有几个破碎的、被淹没的幽灵陨石坑的例子。该地区东部是一个令人印象深刻的有5个成员的小环形山链，其中包括5千米宽的赫尔H。在南方的一对主环形山之间还有一个很小的第六陨石坑。

德斯兰德的东部边缘毗邻145千米宽的沃尔特环形山，相当畸形的36千米宽的沃尔特W环形山坐落在沃尔特环形山以西的德斯兰德边界

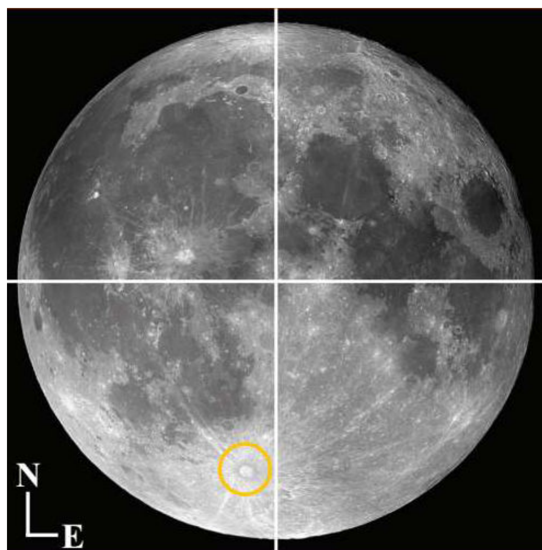
内。向南是65千米宽的莱克塞尔，其北缘似乎在德斯兰德的熔岩层之下。莱克塞尔的西南边缘有许多小火山口，其底部也是错综复杂的，有团块、隆起和更多的小火山口。在莱克塞尔和赫尔之间，坐落有10千米宽的赫尔E和14千米宽的赫尔C，其规模沿22千米宽的赫尔A向西南方向继续延伸。

对平原上的主要环形山成像不会是什么很大的挑战，但是对小环形山（最大仅2千米宽）成像将会非常困难。德斯兰德的西南边缘也很难界定，其标志是43千米宽巴尔环形山的阶梯状峭壁和醒目的中央山脉。巴尔环形山的西北方向是29千米宽的巴尔A。

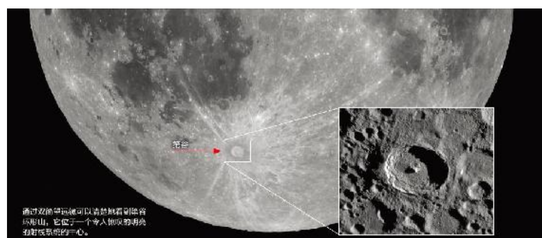
第谷环形山

文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：86千米
年龄：稍早于1亿年
位置：南纬43.3度，西经11.2度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它



在每个月相周期的部分时间里，第谷环形山可能是月球上最引人注目的特征。它以丹麦天文学家第谷·布拉赫的名字命名，其是在发明望远

镜之前时代最优秀的观测者，他对火星运动的测量使得约翰内斯·开普勒得以证明行星轨道为椭圆形而非圆形。

第谷环形山有一堵高而连续的峭壁和一个突出的中央山峰，但它的独特之处在于其无与伦比的明亮射线系统，从环形山向四面八方延伸，覆盖面积超过55万平方千米，并包含有密集的小型次级环形山群。日出时分，第谷看上去就像一个普通环形山，其底部处于阴影中，阳光直射中央峰，景色十分壮观。但不久之后，射线系统进入视野，接近满月时它们占据了整个视场，覆盖了它们所穿越的所有特征，甚至使大型的环形山变得难以辨认，其最长的射线可以长达1500千米。事实上，满月是初学者最不适合观测第谷的时候。

第谷环形山位于南部高地，往往给人一种极地环形山的印象，但实际上它离天平动区域很远，只是被透视效应稍微缩小了一些。第谷的射线系统覆盖在其他特征之上的事实表明，以月球的标准来看其必定非常年轻，可能是所有主要环形山中最年轻的一个。它的年龄通常被认为是1亿年多一点儿，但请记住，在形成第谷的撞击发生时，地球上最先进的生命形式是水母等。据推测，产生第谷的撞击者是小行星198巴普蒂斯提纳的碎片，甚至还有另外一个碎片在6500万年前产生了西克苏鲁伯陨石坑并导致了恐龙的灭绝。这类理论很有趣，但具有很强的推测性！

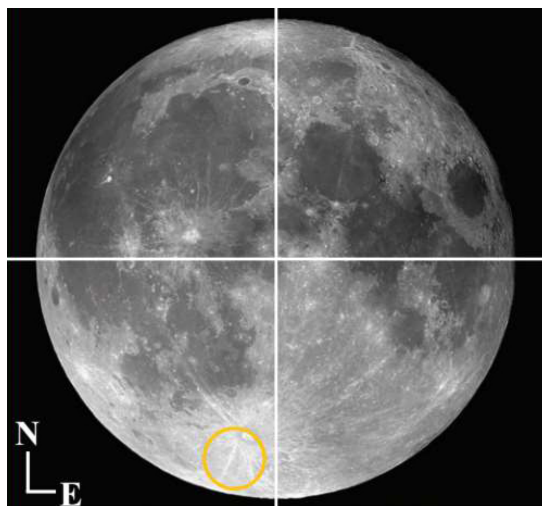
第谷在一个拥挤的区域，其附近的大环形山有斯特里特、皮克泰和萨瑟里德斯。然而，由于其明亮的壁垒和规则的形状，它总是很容易被发现。当射线系统进入视野时，他们似乎是从峭壁而不是从中央峰延伸出来的。距离边缘至少100千米以外的壁垒比底部更暗，并且没有射线。这种较暗的边缘可能是由撞击过程中脱落的矿物质构成的。

在下一次月相周期时，我强烈建议你通过描绘和拍摄来对第谷进行深入研究。当第一缕阳光照射到它的时候，抓住它，观测中央山峰缓慢出现，而后出现射线，直到满月时分，万物都淹没在明亮的光芒之中。

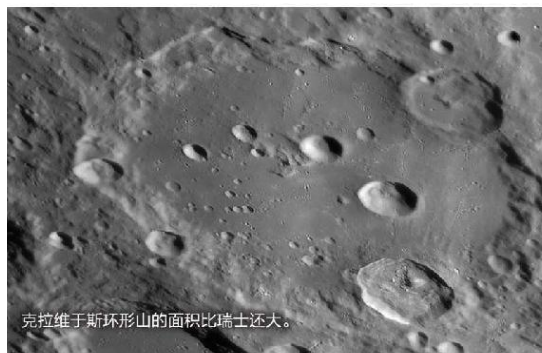
克拉维于斯环形山

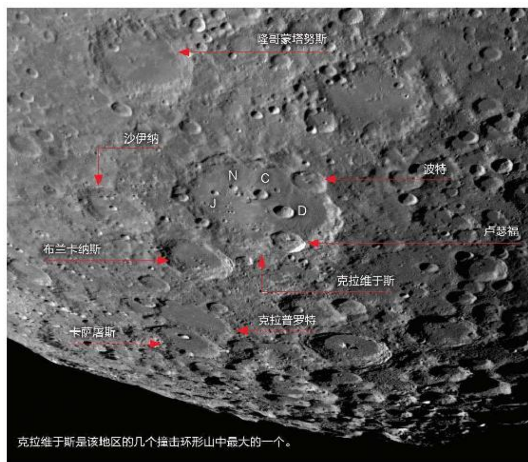
文：帕特里克·摩尔

类型：环形山
大小：225千米
年龄：38.5亿~39.2亿年
位置：南纬58.4度，西经14.4度
推荐工具：101.6毫米（4英寸）天文望远镜



在哪里找到它


克拉维于斯环形山的面积比瑞士还大。



克拉维于斯是该地区的几个撞击环形山中最大的一个。

克拉维于斯有时候被描述为月球上最大的环形山，虽然这并非事实，但它的确是一个最令人印象深刻的环形山。当在晨昏圈上或非常接近晨昏圈时，它可以被肉眼识别，并且使用一台双筒望远镜即可非常清晰地观测。这毫不奇怪，在所有的早期月球图中均有它的标记。它以克里斯托夫·克拉维于斯的名字命名，其是一名在天文学和数学方面杰出的著名德国科学家。

月球的这一特征有时候被描述为环形山和盆地之间的关联。克拉维于斯的主要壁垒是连续的，但也受到了几个环形山的干扰，包括卢瑟福和波特。它的底部面积比瑞士还大，除了一个由卢瑟福、克拉维于斯D、C、N和J组成的弧形环形山链外，其余地方是凹陷的且相当平坦。这些环形山是测试小型望远镜分辨率的有用之物，当太阳升起或落下时，克拉维于斯内的最高峰会在底部投下长长的阴影。在主要的环形山形成之后，似乎曾有相当数量的熔岩泛滥。

克拉维于斯是该地区同类型的几个主要环形山中最大的，其他还包括布兰卡纳斯、沙伊纳和隆哥蒙塔努斯。它们本身就很有趣：布兰卡纳斯（位于克拉维于斯以南）和沙伊纳（克拉维于斯以西）大小相似，直径刚刚超过100千米，结构也相似，拥有高而连续的壁垒；隆哥蒙塔努斯（克拉维于斯西北部）宽145千米，与克拉维于斯本身有一些相似之处，因为它壁垒也被环形山所打断。

所有这些主要的结构都没有中央山峰，这表明整个这一部分月球区域在形成过程中必定受到了极大的干扰。它们基本上都是圆形的，但由于在月面上的位置使得遭受透视效应而呈现椭圆形。离边缘更近的地方

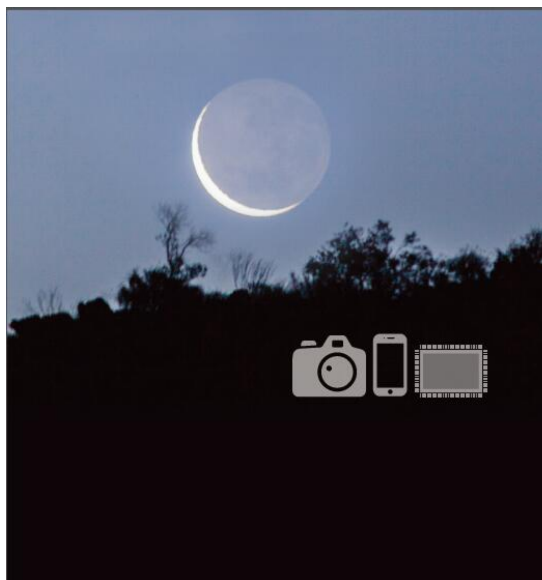
是两个更大的结构，克拉普罗特和卡萨屠斯，它们实际上是相互连接的。

当太阳升起或越过它时，拍摄克拉维于斯周围的区域是非常有趣的，因为当主要的环形山布满阴影时，它们的确令人印象深刻。我在克拉维于斯的主要同伴中寻找过任何中央山峰的痕迹，但没有成功。

月球摄影指南

无论你是用一部手机还是一台专业相机，我们都会向你展示如何拍摄你的第一张月球天体照片。

文：威尔·盖特



在一个清冽的冬夜，银色的月亮高悬空中，这是一幅永恒的诱人画卷。对于我们当中的摄影师来说，它那平滑的海洋、群山和布满环形山的平原同样具有不可忽视的吸引力。对于那些刚开始从事天文摄影的人来说，月球的亮度和大的表观直径使它成为打开你天文摄影之路的绝佳目标，事实上，如今你只需要一部智能手机和一台小型望远镜就能拍下我们的卫星壮观、崎岖表面的细节图像。

在这里，我们将探讨月球成像的一些基础知识，如可以产生巨大成果的技术和为初学者拍摄理想题材的特征和现象等。我们还将在两个循序渐进的项目中使用关键的天体成像技术，如合成和跟踪目标。

无焦成像



用智能手机通过望远镜捕捉图像。

如果你拥有一个小型望远镜，那么你可能已经尝试过一种最简单的方法来获取月球图像：无焦成像。这是一个精巧的名字且内涵简单——拿着你的相机放在望远镜的目镜上并拍摄图像。

传统上，傻瓜相机和类似的设备已经被用于无焦成像，并取得了巨大的成功，但现在，在这个配置了摄像头的智能手机时代，只需使用口袋中的手机就可以捕捉到非常细致、清晰的图像。无焦成像的主要挑战之一是使相机与目镜对准，以便使月球保持在视野中。你可以买到特殊的适配器，它能够把智能手机或数码相机固定在合适的位置，使这一切变得更加容易。但如果你要走手持路线，我们建议你首先使用低倍数的目镜。



你可以购买一个适配器，将智能手机固定在目镜上。

当满月升起时，一步步地捕捉它

使用单反或者智能手机，镜头或小型折射望远镜和静态三脚架拍摄满月升起的图像。



1.选择你的拍摄地点

一个有趣的前景将使一张有吸引力的月出照片诞生。如果你打算使用长焦镜头，海平面提供了一个戏剧性的场景，尤其是在大气层扭曲和使月面变红的情况下。此外，一个优势位置能够获得很好的深度和距离感。



2.时机和方向

月亮升起的时间和它的方向也是至关重要的考虑因素。诸如Stellarium这样的天文软件，以及诸如Photographer’s Ephemeris等智能手机应用程序，对于精确规划你所在地的月升时间和方向非常有用。



3.设置你的设备

在月初之前10～15分钟时设置好你的设备，以防你有解决设备问题的需要。如果你在一个新的地点，这也可以让你有时间为拍摄选择最佳视图或前景。你通常只有一个很短的时间窗口可以拍摄到月球位于地平线之上，因此准备工作至关重要。



4.构图

想想你的镜头构图，你可能已经决定了你的前景，但是你希望如何在照片中包含它呢？拥有平坦的地平线，你可以衬托出月球，或者可以包含地物的特征。如果拥有一个海平面，水面上的月光可能有助于创造一个有吸引力的焦点。



5.捕捉拍摄

一旦月亮升起，尝试曝光和ISO设置，确保你能获得前景中的细节而不会使月球过度曝光。这一切都是为了等待一个理想的时刻：当月亮的光线与渐暗的暮色平衡，天空清晰以及月亮的圆盘在前景上方一定高度的时候。



6.编辑和增强

当你获得照片之后，把它们载入照片编辑软件以进行最终的图像增强是非常值得的。软件允许你在一幅图像中调亮“阴影”或调亮其他昏暗区域——这可以帮助你显示曝光不足的前景细节。

高帧频成像基础

学习如何消除地球大气的抖动，拍摄出清晰的月球图像。

AVI 视频的单帧是柔和和模糊的。

叠加视频中最好的帧会产生更清晰的图像。

高帧频相机需要使用计算机控制。

拿着数码相机或智能手机对准望远镜的目镜，抓拍月亮的圆面，你可能会注意到，在不同的帧下图像的清晰度是不同的。在照片的一个区域内，你可能捕捉到一个环形山口的清晰视野，而在照片的其他区域，

图像稍微模糊。在下一次拍摄中，另一个区域可能更加锐利，或者整个月面可能明显变柔和了。

这种时时刻刻的细微变化都是由于大气层的湍流造成的。当天文学家谈到好的“视宁度”条件时，他们的意思是这些湍动不那么明显，并且视场更加稳定。即使是在一个正常的夜晚，可能只会有非常短暂的稳定时刻，让我们得以短暂而清晰地看到月球表面。如果我们能找到一种方法来捕捉这些瞬间并将它们合成一张非常清晰的图像，那将如何？

这正是高帧频月球成像背后的原理。通过使用网络摄像头或专业的高帧频相机和计算机，天体摄影师可以捕捉到数百帧甚至数千帧的短视频。而后，使用RegiStax或者AutoStakkert等软件，可以对这些视频中的帧进行排序，只选取最好的帧。然后将它们堆叠在一起形成最终的图像，经过仔细锐化可以得到非常细致的图像。

焦距与构图

学习如何在图像框内正确放置目标将改善你的天文照片布局。

说到构图以及选择什么样的焦距来拍摄月球自然会对最终的照片产生巨大的影响。

短焦距数码单反镜头能够获得一个宽阔的视角，使得月球看起来很小——适合展示周围广阔的天空或融入大规模的大气现象。

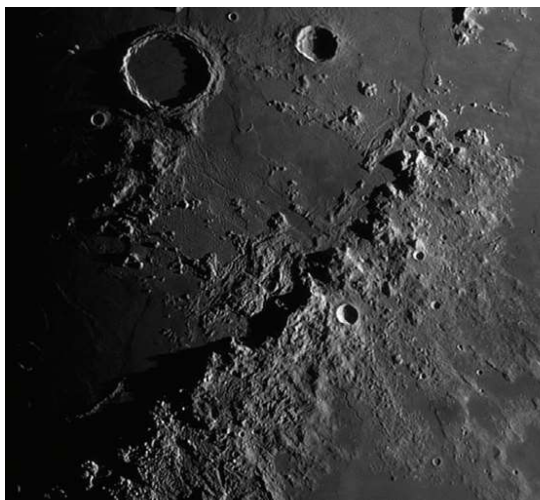
使用更长焦距的镜头，或者小型折射望远镜，将会完全改变图像的感觉：在这里，遥远的树木、山丘或建筑物可以被拉近，月球的圆盘在它们上面若隐若现。然后是高帧频成像下的高倍率世界，其视场通常非常小。即使是这种情况，你也值得去考虑应该在视野中的哪个位置放置你正在成像的月表特征，以及精心设计的拼接图像是否能够有效地吸引观众的眼球。



短焦距可以让你在更广阔的背景下拍摄月球。



通过更长的焦距，你可以更加接近前景目标，并且为其注入新的活力。

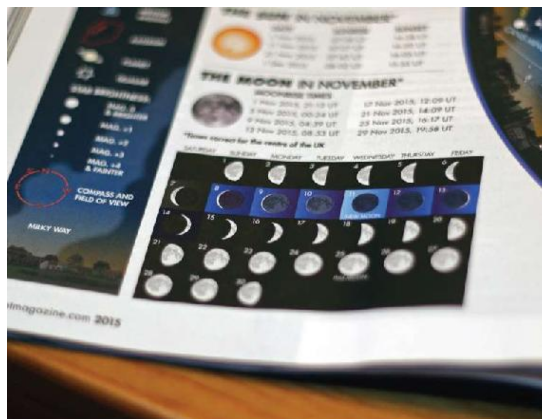


在高倍率下，月球月盘被单独特征的一瞥所取代。

一步步拍摄地球反照

探索如何对被地球散射光照亮的月球部分进行成像。

1.查阅日历



了解月球何时这取决于你的拍会变成一弯细细的摄时间，月球会位于新月——你可以使西方或者东方地平较用智能手机应用程低的位置，因此请确序或天文软件，如保你有一个清晰的视Stellarium来查询。好你的转台、望远镜在新月前后的4天和相机——你需要一拍摄都是非常理个拥有电机驱动的转想的。台。本教程将使用单

2.准备好你的设备



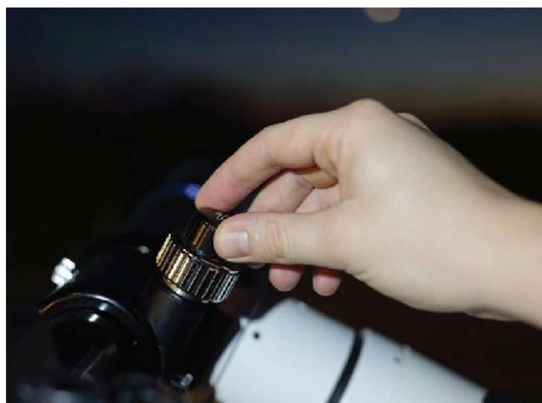
这取决于你的拍摄时间，月球会位于西方或者东方地平较低的位置，因此请确保你有一个清晰的视角。像往常一样设置好你的转台、望远镜和相机——你需要一个拥有电机驱动的转台。本教程将使用单反数码相机和小型折射望远镜或长焦镜头来教学。

3.将月亮导入视场



设置好设备之后，移动或旋转你的望远镜，将月球导入视场之中。如果你的转台能够以月球的速度跟踪而非恒星速度，那么最好选择月球跟踪速度，尤其是计划使用更长焦的镜头或望远镜时。

4.图像调焦



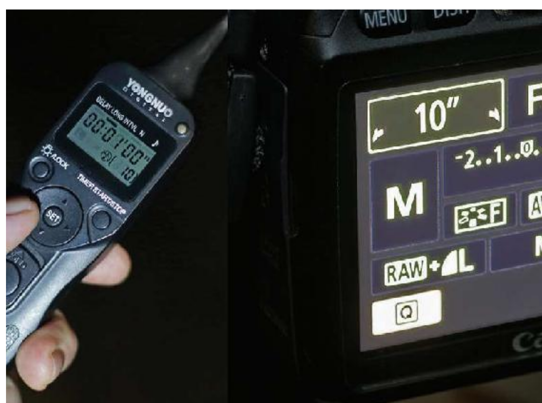
获得一张清晰锐利的图像是抓拍地球反照的关键，因此要确保图像位于焦面上。此处，现代单反数码相机的实时预览功能就特别有用了。观测新月不规则的内边缘是判断对焦是否合适的好方法。

5.确定构图



接下来请看看你视场中的构图。如果视场相当开阔，可以考虑包括进去一些树木、远处的灌木篱笆或一些建筑物。如果你是近景拍摄，请考虑过度曝光的月牙和它周围的光晕在图像中看起来如何。

6.拍摄



请确保使用“RAW”格式进行拍摄，以便在编辑时更方便。与其他形式的月球摄影不同，地球反照通常只需要单次拍摄。使用远程控制快门释放信号，这将避免图像受到按下快门按钮时的抖动而造成的模糊。

7.设置



所需要的相机设置将根据设备设置的不同而有所不同。在ISO400—1600下，几秒的曝光时间应该足够，这也会伴随着新月不可避免的过度曝光。例如，较长的低ISO曝光将产生更加平滑的图像，但也可能会导致前景模糊，因为我们使用了转台跟踪。

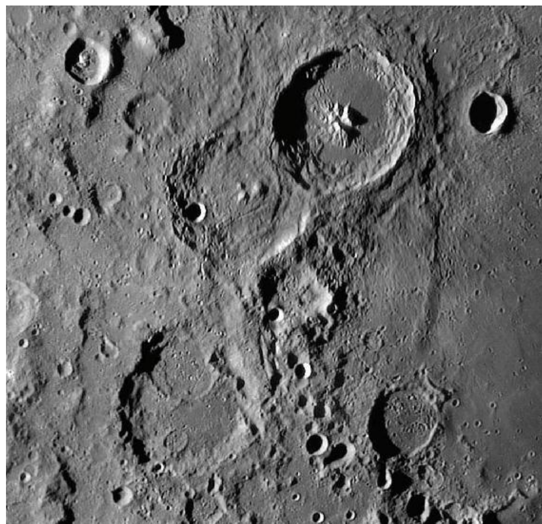
8.调整、修图和最终编辑



像Photoshop和GIMP等编辑软件允许你调整“图层”来改善色彩平衡、亮度和对比度。你也可以使用“模糊滤镜”工具来锐化月球圆盘上的细节。

月球表面的最佳拍摄目标

如果你想尝试高倍率月球成像，这里有8个最佳目标可助你前行。



凯瑟琳娜，西里尔和西奥菲勒斯

这3个环形山是月球上被拍摄最多的环形山之一。如果你想获得一张特别引人注目的照片，请在上弦月的前两天拍摄它们。



亚里士多德

亚里士多德环形山位于冷海边缘。当从低角度照射时，它错综复杂的抛射物和阶梯状的壁垒使它成为一个绝佳的拍摄对象。



伽桑狄

你可以在湿海北岸找到伽桑狄环形山。当你拍摄它时，良好的视宁度条件是获得内部月溪系统清晰图片所必需的。



柏拉图和阿尔卑斯大峡谷

位于雨海东北部边缘的这一区域拥有很多富有吸引力的目标，柏拉图环形山和附近的阿尔卑斯大峡谷是其中任何月球拍摄者都不应该忽略的两个目标。



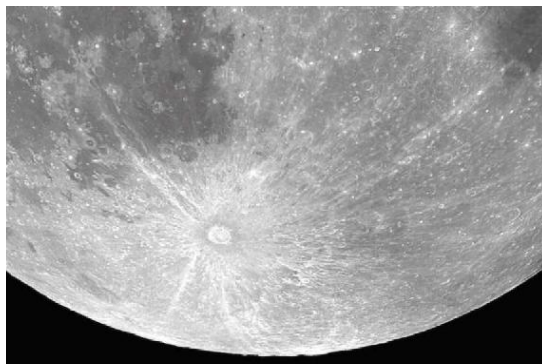
直壁

这个巨大的断层也被称为直墙，是一个用来观测和成像的迷人特征。你需要在其斜照时捕捉到它，否则它实际上是不可见的。



薛定谔谷

薛定谔谷，或称薛定谔月谷，毗邻著名的阿里斯塔克环形山。捕捉这个蜿蜒的火山特征细节是对初学者成像技巧的一个很好的考验。



第谷射线系统

这种明亮的物质被称为射线抛射物，由于形成第谷环形山的撞击而在月球表面炸裂，这是为数不多的在满月时最美妙的月球特征之一。



哥白尼

作为月球上最壮观的环形山之一，哥白尼拥有一切。其宏伟的阶梯式壁垒、醒目的中央山峰和周围的喷射物覆盖层使其成为一个伟大的成像目标。

帕特里克观点：无人探月任务应当持续

我们的探测器和漫游者机器人已经告诉我们了很多关于月球的信息，它们应当继续探索它的奥秘。



人类已经登上了月球，在那里建立了全自动记录站点，轨道探测器也已经绘制出了月球的整个表面，包括其中由于总是背向我们而在地球上永远无法开展研究的那41%的区域。因此，现在正是我们问自己两个问题的时候了：首先，我们是否真的已经对月球有了完整的了解？其次，开展进一步的无人探月任务有什么意义？

第一个问题的答案是一声响亮的“不”字。我们还没有找到更多的关于可见月壳之下的物质，尤其是美国所痴迷的在此处寻找到冰的希望。确实，一些极地环形山的底部被永久遮蔽，因此温度仍然很低，从这个角度来看，冰可能会持续存在。但它是如何到达那里的呢？是否有任何真实的证据支持它的存在呢？

美国阿波罗号的宇航员和苏联的无人驾驶任务所带回地球的所有月球岩石都表明，月球极其干燥，而且一直如此。样本来自于很多地区，它们都讲述了同样的故事。因此，任何冰都不可能是真正“月球的”；它一定是被带到了那里，而唯一可以想象到的传送者就是彗星。彗星富含冰并且月球在过去经常受到它们的轰击——这种情况今天仍可能发生（只要想想1994年木星和苏梅克-列维9号）。

反对冰的理由

一颗彗星的撞击会产生大量的热量——当然，这些热量足以蒸发掉任何结冰的物质。此外，足以产生一个大陨石坑的猛烈撞击会把大部分碎片从月球上抛射出去，而落下来的任何冰块都会在着陆时蒸发。

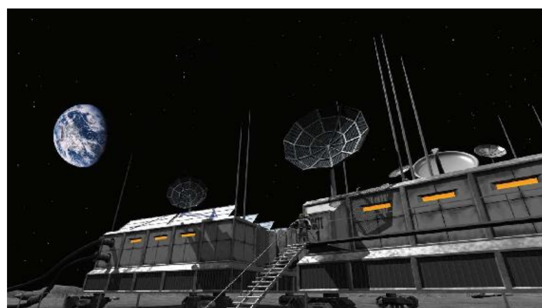
我承认，我一直以来对来自月球和火星的陨石持怀疑态度，但证据确凿，我很可能是错的（就像多年来我错误地认为火山活动是月球主要

环形山的成因一样）。但是，如果月球和火星上大块的物质可以被撞击轻松抛出，当然小碎片也是如此。你不可能二者兼得。

证据来自于从克莱门汀起始的调查，这在美国引发了耸人听闻的说法——月球上有足够的冰，能够为一座大型月球城市提供水源，而媒体报道给人的印象是，仅仅需要去极地环形山把冰铲出即可。唉，事情永远不会如此简单，因为冰不是裸露的，而是与岩石结合在一起的。无论如何，克莱门汀检测的——或者说已经测定的，根本不是冰，而是氢。

这是一个非常不同的场景。美国只是推断，氢的存在将意味着存在冰——但为什么应该如此呢？氢更有可能来自太阳风，其一直袭击月球表面。当后来的勘探者号探测器被故意撞向极地环形山时，弹出的碎片再一次表明那里无冰。

对我而言，最后一个负面证据来自水星。在这里，从水手10号探测器发回的数据来看，冰也被怀疑存在于极地环形山中——水手10号（在撰写本文时）是唯一到达这个迷人但令人生畏的小世界的探测器，而在那些确实阳光充足且不可能有冰的地方发现了同样的迹象。然而NASA并没有放弃，其最新探测计划仍然包含搜索冰。我有一种不值得的怀疑，或许政治与此有关，但时间会证明一切。



长期的机器人定居点可以确定月球基地的生存能力。

机器人先锋队

我们生活在太空时代，如果能避免更多的战争，我们希望不久的将来在太空研究方面取得实际性进展。值得注意的是，空间科学与许多其他科学密切相关，尤其是医学。国际月球基地作为一个医学中心、物理中心和天文台，将对人类具有不可估量的价值。从纯技术角度来看，它很可能在2030年之前就能建成，但是目前还存在一些严重的问题。在我看来，至少辐射是最糟糕的。在地球上，我们被大气层保护，而月球的

大气层绝对可以忽略不计，根本没有任何保护作用。宇航员已经到达过月球，但他们停留的时间不长。一场大型太阳风暴的影响是什么？空间站的经验是不够的。

显而易见的答案是使用无人值守的站点，它可以长期监测并帮助我们评估风险程度。一旦我们知道了这一点，我们就能够采取适当的措施来确保任何月球站点工作人员的安全。至少我们可以排除地面扰动带来的任何危险——最强烈的“月震”也很温和，不会损坏设备。当然，流星体也具有一定的风险——人们认为它们不太可能构成重大威胁，不过同样，无人站点机器人可以告诉我们答案。

此外，还有资金需要考虑。在日常花费中，空间研究是昂贵的，但与国家预算相比，它并不那么昂贵。诚然，每年用于太空研究的资金确实可以支持国内相当多的医院，但它也为医学研究人员提供了巨大的帮助。

有很多月球计划正在进行，再过几十年，可能图书会在“托勒密印刷厂”印刷，而不是在地球。但有一件事是肯定的：人类去哪里冒险，机器人必须先行。

谷歌的月球X大奖

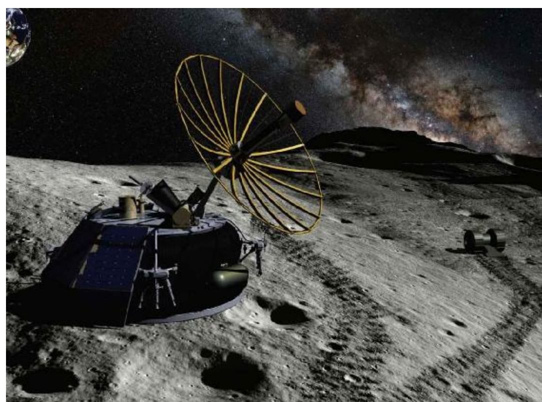
在16个入围的奖项中，只有几个即将在未来推出

宇宙机器人



宇宙机器人公司计划在该奖项颁发后，在未来为月球运送顾客。随着几个国家航天机构和商业公司的加入，它正在努力实现这一目标。除了漫游者安迪之外，任务最初的格里芬月球着陆器还将把来自新大陆和安吉列克维竞争团队的漫游者运送到太空，在它们竞争的第一个500米行程的过程中，创造了一场名副其实的太空竞赛。

月球快车



“月球快车”由阿波罗11号宇航员巴兹的儿子安德鲁·奥尔德林领导，他野心勃勃地期望有朝一日开采月球资源。他们是第一个对MX-1月球着

陆器原型进行飞行测试的团队，演示了探测器的制导、导航和控制系统。他们还与火箭实验室签署了一项协议，从2017年开始至少要进行3次发射。

兼职科学家



包括来自世界各地的成员，兼职科学家是超过100名的科学家、工程师和计算机专家的团队。他们已经与几家航空公司和机构（包括NASA）合作，在月球表面进行实验，并希望最终能够执行一项阿波罗17号仪器残骸研究任务，以了解这些材料在过去半个世纪表现如何。

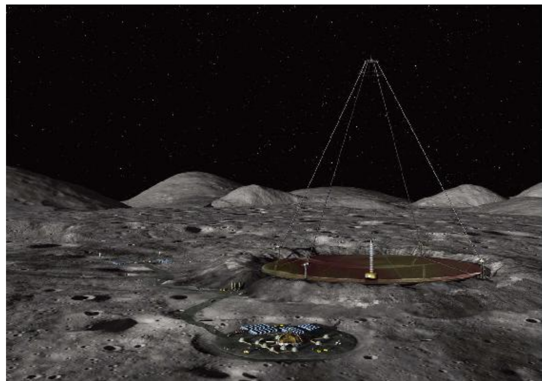
印度河团队



印度的印度河团队已经证明他们的HHK1着陆器具有登陆月球的推进和导航能力。虽然他们尚未签署合同，但这个团队计划使用由该国航天局提供的印度火箭。他们的重点是利用低成本且可靠的硬件，建造一辆能够持续使用的月球漫游车。

月球背面的望远镜

已经有一台望远镜在月球上了，然而为什么在月球背向我们的一侧再放置设备是如此的令人兴奋？



射电天文学家在21世纪处境艰难，移动电话、微波炉、电视和雷达在全球范围内的普及，产生了一种电磁“烟雾”，这经常干扰（有时甚至淹没）他们希望研究的数十亿光年以外的微弱信号。可悲的是，这是一场射电天文学家经常输掉的战斗，这就是为什么他们会把注意力转向月球。

安装在月球任何地方的望远镜与地面仪器相比，都有两个直接的优点：既没有局部的光污染，也没有大气扰动。安装在月球朝向地球一侧的射电望远镜将是一个显著的进步，考虑到月球较低的表面重力，因而有能力能够建造更大（因此更灵敏）的射电望远镜，但即使在40万千米之外，人类的射电干扰也会非常明显。

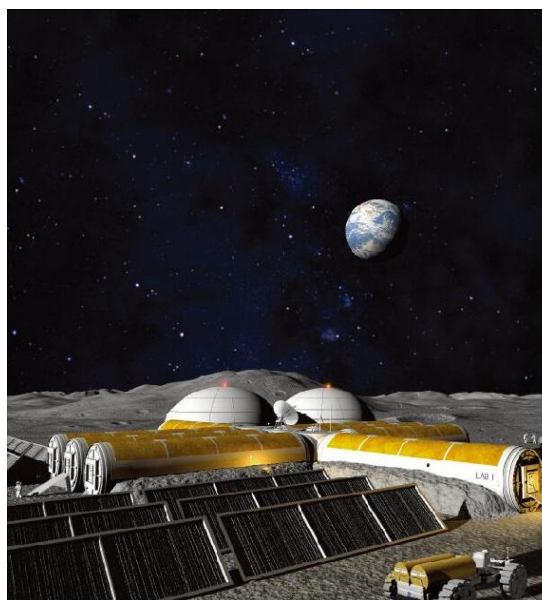
这并不是说把望远镜放置在朝向地球一面是毫无意义的——那里已经有一台望远镜了，一台152.4毫米（6英寸）的紫外望远镜。由于我们的大气层，从地球上几乎不可能捕捉到紫外图像。到目前为止（在撰写本文时），该望远镜——月球上第一个从地球上控制的望远镜，已经运行了2000多个小时，观测了40颗恒星，并且传回了风车星系模糊的一瞥。

然而，月球背朝地球的一侧提供了更多的优势。放置在那里的射电望远镜将被3500千米宽的岩石所屏蔽，免受地球电磁干扰——这几乎就

像我们的星球不存在一样。加上月球上为期两周的寒冷夜晚，使得灵敏的探测器很容易保持在超低温下运行。

未来畅想　我们需要一个月球基地来探索恒星世界

太空旅行是充满挑战和危险的，但是我们的卫星可以成为完美的训练场地。



文：路易斯·达特内尔

宇宙空间是一个非常无情且充满敌意的旅行之地。如果忽略大灾难发生的机会，比如微陨石撞击降低航天器气压，在航天器内部的环境中也仍旧存在着许多固有的危险。人体试图重塑自身以适应微重力，这将会导致核心支撑肌肉萎缩，你的心脏将恶化，甚至你的骨头也开始变弱。这些只是宇航员返回地球后立即意识到的影响。

2013年，来自格拉茨医科大学的南都·戈斯瓦米及其同事总结了一个好理由来重返月球以克服这些担忧以及其他许多问题。

宇航员也会有心理上的困难，因为他们每天都和同样的一小群人一起被困在航天器中。尽管从低地球轨道上看窗外的景象可能会令人惊叹，但与感官剥夺做斗争并让自己投入其中可能是一场真正的战争。例

如，在地球上进行的火星500实验中，工作人员发现在大部分实验时间中他们都无精打采，睡眠很差。

未来的问题

如果未来的长期太空任务——人类访问火星或者附近的小行星以研究采矿潜力——想要成功的话，所有这些问题都需要解决。理解和避免这些问题的努力是以类似的星际空间任务情况下的研究为基础的。

在南极研究基地越冬的工作人员提供了对心理因素洞察的良好机会——事实上，在某些方面，他们所处的环境甚至比在月球上还要遥远和孤立。如果在冬季出现任何问题，比如突发医疗事件，由于天气原因，人类几乎不可能重返文明社会——而月球仅仅是一个为期3天的旅行。但南极并不能重现微重力环境，因此也不是测试生物效应的好地方。另一方面，国际空间站提供了失重状态，以及更类似于任何航天器的内部结构，但仍然受到了地球磁场的辐射屏蔽保护。

戈斯瓦米及其同事认为，月球是一个“高保真长时间太空探索模拟处”，这对我们来说意味着：月球是一个实践长期太空任务的好地方。他们说，一个月球基地为我们提供了了解星际任务下生理和心理问题的绝佳机会，同时保持了在紧急情况下相对接近地球的能力。因此，月球不仅为进一步的太空探索提供了一个伟大的中转站，而且也是一个宝贵的实验场所，用于测试保持宇航员身心健康所需要的所有必备技术。

而且它不仅仅是医学因素，月球基地还可以使我们发展移民外太空的其他关键技术，例如建造栖息地和种植粮食。

译者后记：天文教育——星辰大海征程中的铺路石

有人问我：为什么会选择天文教育？

月球是距离我们最近的一个自然天体，提起它，大家总会想起宁静的月色，想起故乡，想起爱情。虽然它离我们很近，虽然人类已经登上了月球，但是诚如本书所讲，我们对其还是知之甚少；它的成因、物质组成、地质活动等，需要我们一再靠近，一探究竟。太阳是距离我们最近的一颗恒星，古往今来，无数的诗歌讴歌日出的辉煌、日落的绚丽，数千年来人类一直在探索太阳的奥秘，现在我们已经熟知了它的很多参数，例如与地球的距离、半径、质量、年龄，但还有更多的未解之谜等待着我们去揭示：太阳活动的起源，其与空间环境变化间的关系，太阳和太阳系与星际介质的相互作用等。再往更遥远的地方，茫茫宇宙中有太多的奥秘需要我们去追问、探索……

这样一门学科，如何不值得人类沉迷其中？不是“我”，而是“我们”，更多的“我们”，通过进行科学普及和专业的教育工作，让更多的人对探索宇宙和星空的奥秘产生浓厚的兴趣。

不久前，一位生物学教授无比自豪地向我们展示了生物学研究所取得的令人瞩目的进展：“在可期的未来，人类的预期寿命将达到100岁甚至120岁。”在心潮澎湃于小小人类的伟大力量的同时，我的脑海中不禁冒出来一点点担忧：现在人类所需的粮食、矿产和电力已经开始让地球不堪重负，那么人类寿命的急速增长，对于这个蓝色星球将会是多么残酷的问题。

不可否认的是，在现代基础理论的框架下，还存在应用技术可以突破的空间，例如量子科技、人工智能，例如可控核聚变，这些突破将带给人类丰富的能源，也将带给人类无尽的希望——使人类“开启星际征程、开发星际资源”成为可能。到那时，天文学将不再是一门少数人掌握的、高冷的基础理论学科，它还关系到我们星际航海时代的“航海图”“海岛”与“暗礁”，关系到我们星际航海征程的“目的地”与“加油站”……



仙女座大星云（M31）是本星系群中最大的星系，身处“星际航海时代”的人类需要描绘无数类似星团、星系的图景。



中秋的圆月总是伴随着收获，这愈发显得月球与人类的生活息息相关。



在《发现宇宙》课程上（陈建生院士讲授，黄亚芳拍摄）。

届时，要在这场未来的博弈中占得先机，“我”是远远不够的，而是需要“我们”并肩作战；而强大的“我们”必然需要教育、需要源源不断的新生力量来武装自己。

然而就天文教育而言，我们还任重而道远。

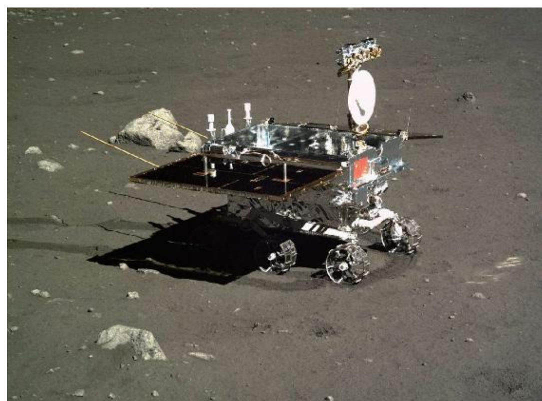
最初大学开设天文专业时，本科生中的《发现宇宙》《动手天文

学》等课程受欢迎的程度让我惊叹，但随着热度的慢慢减退，学生们的兴趣变得低迷。我们苦苦寻找这一现象的原因：或许是由于课程未跟上新的教育趋势和教育理念；或许是学生们对天文学的未来仍旧不够认可；或许是社会对天文学还存在诸多不了解，对其感到陌生……改变这些现状将是一个艰辛且漫长的过程，但非常有意义。于是我们在课程里加入了一点探索与研究的内容：我们在课余组织了一次热火朝天的天文辩论，我们在与学生谈心的时候探讨了一些人类未来的命运与星辰大海的梦想……或许一场讲座、一篇公众号文章、一本科普书并不能立竿见影改变什么，但这样的一个个脚印，终将引领天文教育前行、发展。

诚然，如本书最后一章所讲的那样，月球将是我们开启星际征程的试验场和中转站，它能够用来测试星际航行设备的能力，研究星际航行中宇航员的心理和生理状态，作为星际航行的发射场和能源供应站……如火如荼的月球探测计划将是人类星辰大海征程的序幕。

那么，一门基础的天文课，或者一本有趣的科普图书，也将会是天文普及教育的探路者和先行者。

就让我们从现在开始，随时准备扬帆起航！



嫦娥四号着陆器地形地貌相机——人类探索宇宙的脚步从未停歇。

“但是有人会问，为什么是月球？为什么选择它作为我们的目标？就像他们还会问，为什么要攀登最高的山峰？35年前，为什么要飞越大西洋？我们选择飞向月球。”

——约翰·肯尼迪，普利策奖获得者、美国前总统